THE GREATER WORLD

العَالمُ الأكْبَر

رحلةٌ من الذرّة إلى المجرّة

الطبعة الثانية

قراطيس
للطباعة والنشر والتوزيع

نَوّار السيلاوي

THE GREATER WORLD

العَالمُ الأكْبَر

رحلةٌ من الذرّةِ إلى المجرّة

تأليف

نوّار السِيلاوي

تصميم الغلاف	تدقيق لغوي	مراجعة علمية
الذكاء الاصطناعي	د. مصطفى صادق	مرتضى محمد

الطبعة الثانية ـ 2024

م.و.

2022 / 3969

006 / 3

س 982 السيلاوي، نوار.

العالم الأكبر / نوار السيلاوي. –

ط1. – النجف الأشرف: قراطيس، 2022.

252 ص. ؛ 24 سم.

ا. الذكاء الاصطناعي. أ: العنوان.

المكتبة الوطنية / الفهرسة أثناء النشر

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (3963) لسنة 2022

الإهداء..

إلى مَنْ كان عالَمي الأكبر، وطافت روحه إلى العالم الأكبر..

إلى أول مُعلّم زَرَع فِيّ حُب الكون والفضاء..

إلى مَنْ حينما أنظر إلى السماء، أراه، ويراني..

إلى أبي الشهيد..

شكر وتقدير

لا يوجد عمل يقوم به الإنسان ولا يحتاج فيه لمساعدة الآخرين، ولم يكن هذا العمل ليرى النور لولا مساعدة أصدقائي وزملائي الذين واكبوا هذا العمل صفحة بصفحة. أوّلهم هم متابعيَّ على صفحات التواصل الاجتماعي وطلبتي والأشخاص المهتمّين والشغوفين بهذا المجال من العلوم.

أتقدّم بالشكر الجزيل إلى الأستاذ والأديب (**مرتضى محمد**) والدكتور (**مصطفى صادق**) الذين ساعداني كثيراً في التنقيح والتدقيق الأدبي، وواكبا هذا العمل منذ أول صفحة كتبتها، وكانا يُحقّقان معي كل صفحة وكلمة.

والشكر الجزيل أيضاً للكاتب والأديب الأستاذ (**علي كاظم العقابي**) والدكتور (**محمد سالم**) والأستاذ (**صبيح البخاتي**) لمساعدتهم لي في طبع هذا الكتاب وإرشادي بالإجراءات المتعلقة بالطبع والنشر.

ولا يفوتني شكر عائلتي وأصدقائي وزملائي والمتابعين على مواقع التواصل الاجتماعي لتشجيعهم المستمر وتحفيزهم الكبير لي، فهم المحرّك الأساسي الذي من أجله وإليه كتبت هذا الكتاب.

المؤلف

المحتويات

جرم صغير.. 11

اللوح المحفوظ 21

أعظم القصص 38

لا شيء.. وكل شيء.. 56

الله لا يلعب بالنرد 81

العالم الأكبر 104

عمالقة وأقزام 150

أسود ورمادي وأبيض.. 191

من الأصغر الى الأكبر.. 251

جرم صغير

تخيّل أنك تقف على خَشبة مسرح عظيم الاتساع، بِسِعة الكون نفسه. الجمهور الذي أمامك لانهائي ومضطرب، وبَلغ هيَجانهُ حدَّ الثُمالة. يميل معك ومع حركاتك، ويذوب طرباً مع صوت تنفّسِكَ الخافت، وكل الأضواء مُسلّطة عليك، والكل ينظر باتجاهك، إنها لحظتك الكونية المُشرقة. لا يهم ما تفعله أو إن كنتَ تستطيع الغناء أو التمثيل أو القيام بحركات الخِفّة، فمجرد وقوفك صامتاً يجعل الجمهور يصرخ نشواناً. أنت نجم، ولا زلتَ نجماً مهما فعلتَ أو تصرفتَ، أصبتَ أو أخطأتَ. لا أحد يُعير اهتماماً لِما ترتديه أو تأكله، فأنتَ نجم! ولست نجماً عادياً، لست أحد نجوم برامج المواهب، أو أحد نجوم الغناء أو الفن، أنتَ نجم حقيقي!

في الحقيقة كلنا نجوم!

كل شيء فيك يقول إنك نجم، كل ذرة في جسمك تم صنعها في داخل أحد النجوم، فأنت سليل النجوم، وكنت قبل عصور سحيقة القدم تدور بخيلاء مع حشود جبارة من النجوم الأخرى حول

مركز مجرةٍ ما، ثم انفجرْتَ وتحوّلَتْ بقاياك إلى ما أنت عليه الآن، مخلوق بشري ذو عقلٍ بحجم الكون!

مُعدّل عدد الذرّات في جسم الانسان البالغ تقريباً **سبعة أوكتيليون** ذرّة (**سبعة مليار مليار مليار ذرّة**). هذا العدد المَهول من الذرّات والمتكوّن من أنواعٍ عديدةٍ من مختلف العناصر، كلها تم إنتاجها في داخل أحد النجوم، ثم بانفجار نجمي هائل تم قذف هذه الذرات لتهيم في الفضاء وفي النهاية تشكلّتَ أنتَ منها. فكل أجسامنا وكل شيء تراه أمامك الآن هو مُتكوّن من ذرّات كانت يوماً ما داخل فرن جحيمي مُستعِر يتم تصنيعها ودمجها بلا هوادة ولا رحمة.

هذا العدد الهائل من الذرّات الذي يُكوّن جسمك، رغم عَظَمته، لكنه يبقى محدوداً ومقيداً بقوى وروابط وقوانين فيزيائية صارمة تُحدِّد شكلك وهيئتك وقدرتك على الحركة. ولكن، مع محدودية قدرتك الشكلية والحركية والتي تُحدِّد موقعك في الفضاء وتجعلك مُرغماً على الخضوع لكل قوة فيزيائية يُعجبها أن تمارس سلطتها المسعورة عليك، إلا إن عقلك غير محدود، ويمكنك أن تنتقل

من خلاله لأي مكان تشاء، وتخرق به أي قانون تشاء، وتلوي ذراع أي قوة فيزيائية تشاء، فيمكنك به أن تحشر نفسك بين بروتونات نواة ذرة، وأن تداعب بإصبعك الفضولي إلكتروناً ما، ويمكنك من خلاله أن تخرق الجاذبية، أو تمتطيها كالثور الهائج، وأن تلمس نجماً، وتزج رأسك في داخل أحشاءه لترى قلبه كيف يفور، ويمكنك أن تجعل أي مجرّة تدور على راحة يدك، ويمكنك أن تنفخ عليها لتطفئ نجومها وترى مكوناتها الأخرى المخفيّة بدون أن يُعميك ضوء نجومها الباهر. يمكنك أن تكون بحجم الكون نفسه، ويمكنك أن ترى كيف تكوّن، وأين سينتهي. ويمكنك العودة بالزمن إلى أي لحظة تشاء، وأن تكون أسرع من الضوء، وأن تتنقل من أقصى الكون إلى أقصاه بخطوة صغيرة واحدة، بعقلك وخيالك. يمكنك أن تفعل كل شيء، بل يمكنك أن تكون كل شيء!

ربما تجد نفسك تتوقّع مسبقاً الشكل العام لهذا الكتاب أو المسار الذي سيكون فيه، وربما قد يساعدك عنوان هذا الكتاب على تكوين صورة أولية حول ماهيّة المفاهيم التي سوف تتناولها من خلال تقليب صفحات هذا الكتاب، ولكن دعني أساعدك بتكوين صورة

أفضل لِما يمكن أن تجده وما تتوقع أن تقرأه ضمن هذه الصفحات. يمكنني أن ابدأ بالقول إن هذا الكتاب هو بالأساس كتاب علمي ثقافي معرفي بحت، يتناول بعض القضايا الأساسية الرئيسة في علوم الفلك والفيزياء، ويشرح بعض المفاهيم الحديثة التي ستثير فضولك وتجعلك تحمل معلومات وفهم أفضل للكون والعالم الأكبر الذي يُحيط بك.

قد تجد في بعض فصول هذا الكتاب أو من خلال سطوره أنه يتناول موضوع الصراع بين العِلْم والدين، أو قد تفهم إنك تقرأ وجهة نظر دينية لمعلومةٍ علمية أو وجهة نظر علمية لمفهوم ديني، ولكن، هذا الكتاب ليس كتاب ديني أو فلسفي، بل هو كتاب علمي يشير أحياناً إلى موضوع ديني للاستشهاد والاستئناس، وربما لاستثارة العاطفة إلى حقيقة علمية وإيجاد نقطة الارتباط بين ما تتعاطف معه النفس البشرية وبين ما تُصدِّق به العقول المنطقية. لن يجعلك هذا الكتاب تؤمن بشيء، بل سيستعرض لك بعض المعلومات العلمية وتاريخها والمسائل الجانبية المتعلقة بها، فمسألة

الإيمان بالنسبة لي هي مسألة شخصية بحتة وليست من أهداف هذا الكتاب.

المشاجرة الأزلية حول وجود خالق أو مُصمِّم ذكي من عدمه ليس لها ضرورة هنا، ولا داعي لإثبات وجود الخالق المُصمِّم من عدمه، لذا فهذا الكتاب مناسب للجميع.

المعلومات والمفاهيم العلمية الواردة في هذا الكتاب مأخوذة من مصادر علمية رصينة ومن أبحاث وأوراق علمية وبعض من المؤلفات الشهيرة لكبار العلماء والمختصين في مجال الفلك والفضاء والفيزياء والفيزياء الفلكية. لا أدّعي الكمال هنا، ولكني حاولت قدر الإمكان ألّا اذكر شيئاً في هذا الكتاب دون أن يكون فعلاً موجوداً كحقيقة علمية أو على الأقل تم تناوله في الأوساط المعرفية الرصينة ومن مصادر موثوقة. كما إني حاولت الابتعاد عن بعض الخرافات العلمية الشائعة والتي ليس لها وجود في الأدبيات العلمية المعروفة، ورغم أنك ستجد الكثير من المعلومات الغريبة والمثيرة في فصول هذا الكتاب إلا أن جميع هذه المعلومات الواردة

هي مفاهيم تم تناولها ودراستها ومشاهدتها بكثافة وتم انتاج العديد من الأعمال العلمية بناءً عليها.

حرصتُ قدر الإمكان أن تكون اللغة العلمية في هذا الكتاب لغة بسيطة جداً وممتعة وسليمة وخالية من التعقيدات الشائعة للمواضيع العلمية، وكذلك تحتوي على الكثير من التشبيهات والأمثلة من واقع الحياة اليومية، ولكن لا بد من الإشارة إلى أن بعض المعلومات التي سيرد ذكرها في متون الكتاب تتطلب معرفة مسبقة بمعانيها، وخصوصاً الأرقام. وبما أن الكتاب يتناول مواضيع علمية خاصة بالكون، ولا يوجد شيء في الكون بسيط، فالكون مهول وهائل، كبير وواسع بشكل مذهل، سواء في المساحة أو في الزمن أو في الحجوم، لذا نحن نحتاج إلى التعامل مع أرقام كبيرة جداً (بعض هذه الأرقام قد يحتاج إلى كتاب منفصل لكتابته كاملاً فقط!). ولكن، هناك طريقة لاختصار كتابة الأرقام بصورة مُدمجة أكثر سهولة للقراءة والفهم، فلا اعتقد أن هناك احداً يجد متعةً في عد الأصفار الـ **63** في الرقم **"فايجنتيليون"!** لذا سنحتاج إلى طريقة مختصرة لكتابة هذا الرقم بشكله التمثيلي دون الحاجة

لكتابة أصفاره كاملة أو كتابة اسمه المُرهِق في قراءته، هذه الطريقة هي طريقة القوى، أي كتابة الرقم على شكل الرقم **10** مرفوعاً إلى قوة، هذه القوة تمثل عدد الأصفار بعد الواحد عند كتابة هذا الرقم بشكله الطبيعي، فمثلا الرقم السابق -**فايجنتيليون**- والذي هو عبارة عن الرقم **1** متبوع بـ **63** صفراً على يساره، يمكن كتابته بالشكل $\mathbf{10^{63}}$، أي، عشرة مرفوعة إلى القوة **63**، وبهذه الطريقة يمكن التعبير عن أي رقم مهما كان كبيراً بطريقة لا تجعل من عدد صفحات هذا الكتاب يصل إلى مليون صفحة!

في الحقيقة هناك رقم مرعب اسمه **"جوجلبلكس Googolplex"**، هذا الرقم يمكن كتابته بالشكل التالي $\mathbf{10^{10^{100}}}$، أي عشرة مرفوعة إلى القوة عشرة المرفوعة إلى القوة **100**! أو يمكن كتابته $\mathbf{10^{googol}}$، أي عشرة مرفوعة إلى القوة جوجل **googol**، بمعنى أن **الجوجلبلكس** يمكن كتابته بالرقم واحد متبوعاً **بجوجل** من الأصفار على يساره، والجوجل هو رقم يساوي $\mathbf{10^{100}}$، ومنه اخذ محرك البحث **Google** اسمه للتعبير عن كم المعلومات الهائل الذي يمكن أن يُبحَث عنه من خلاله.

الجوجلبلكس هو رقم يحتوي على جوجل من الأصفار، وإذا أردت كتابته على صفحات كتاب يحتوي على **400** صفحة، فأنت بحاجة إلى $\mathbf{10^{94}}$ كتاب لتستطيع كتابة هذا الرقم كاملاً! وإذا عرفت أن عدد الذرات في الكون هو $\mathbf{10^{80}}$ فيمكنك أن تتخيل الجنون المُطبق لمحاولة كتابة هذا الرقم بشكله الكامل!

هل تعتقد أن هذا الرقم كبير؟ في الحقيقة لا، هذا الرقم يعتبر (صفراً) بجانب الرقم المخيف الذي يسمى **"عدد غراهام"**، والذي وضعه عالم الرياضيات الأمريكي (**رونالد غراهام**)، والذي لا يمكنني حتى كتابته أو التعبير عنه بأي تعبير أو رمز رياضي معروف. هذا الرقم لا يمكن وصفه إلا على شكل معادلة رياضية وهو يتخطى أصلاً حدود المنطق، فمحاولة تخيّله فقط تستلزم دماغاً حجمه أكبر من حجم الكون بمليارات المرات! لا أعلم ما هو العَطَب الدماغي الذي يدفع البشرية لابتداع مثل هذه الأرقام وما هي فائدتها؟ هذه الأرقام لا يمكننا أن نستخدمها، فالكون نفسه بكل ما يحمله، محدود، ونحن أجرام صغيرة تحاول شق الكون طولاً وعرضاً بعقولها!

من السخرية إننا لا يمكننا أن نتخيل مقدار **عدد غراهام** أو حتى كيفية كتابته، ولكننا نعرف آخر **10** أرقام من هذا العدد وهي: **2464195387**!

أكبر عدد رياضي معروف لغاية الآن هو العدد الذي يُسمّى **Utter Oblivion** أو بالعربية **"النسيان المطلق"**، ولا يوجد أكبر منه إلا **Infinity** أو **"اللانهاية"**، وبالتأكيد لن تحتاج لكلماتي لتتخيل هذا الرقم. في الحقيقة لا توجد كلمات لوصفه!

أن كل الأشياء المهمة في الكون هي أكبر منا، وكل الأحداث المصيرية التي حدثت في الكون هي أقدم منا، نحن صغار وحديثون جداً، مرميّون على صخرة ضئيلة تدور حول نجم متواضع صغير يقع في الأطراف البعيدة لمجرّةٍ ما. لا أحد يمكنه أن يرانا من على ارتفاع كيلومتر واحد، ولا أحد يمكنه أن يرى حضارتنا ومدننا وجبروتنا من على ارتفاع **10** آلاف كيلومتر، بل لا أحد يمكنه أن يرى كوكبنا برمته من على بعد سنة ضوئية واحدة! وكوننا يبلغ اتساعه –كما نعلم– **93** مليار سنة ضوئية!

ولكننا مع ذلك، ملأنا الكون بعقولنا، شاهدناه بأكمله في شاشة بحجم كف اليد، واصطدنا نجومه وكواكبه كما تصطاد الحرباء الجراد، وحضرنا لحظة ولادته وشاهدنا تفاصيلها مخضة بمخضة.

كل ذلك حدث عندما غادرنا أجرامنا الجسدية الصغيرة التي تحتوينا، وتمدّدت عقولنا حتى تجرّأنا وقلنا بأن الكون نفسه أصبح عاقلاً مُدركاً لوجوده!

في النهاية، وبسبب اعتقادي بعدم وجود شيء مثالي، ولا يوجد أي عمل أو مُنتَج كامل، فإني أضع هذا الكتاب بين يديّ القارئ عسى أن يجد فيه المتعة والإثارة الكافية لاستفزاز فضوله تجاه الكون والوجود ليقترب بصورة أكثر من فهم الحياة والواقع المحيط به، وأي خطأ أو تقصير يجده القارئ الكريم في هذا الكتاب فهو يقع على عاتقي لوحدي، وهو نابع من طبيعتي البشرية كثيرة الأخطاء والزلّات، فرغم إننا نجوم، وكنا في سالف الزمن نسير في مدارات محسوبة ومُستقرّة حول مركز المجرّة، إلا إننا الآن خارج مداراتنا، ونتصرف بطريقة عشوائية. لذا فكثرة الأخطاء هي ما يُميّز كوننا بشراً، فسامحني أيها القارئ، فأنت الآن تقرأ ما كتبه رماد نجمي.

اللوح المحفوظ

"أنا جاهل. . لا أعرف إلا حقيقة واحدة، وهي أنني لا أعرف شيئاً"

إسحاق نيوتن

قبل (**جورج لوميتر**)، عالِم الفلك والكاهن الكاثوليكي البلجيكي، كان العِلْم والدين ضِدّان لا يجتمعان ابداً. فكان العِلْم يُصرّ بعناد على عدم الحاجة لوجود كائن خارق ليخلق الكون، فالكون هو الكون وقد وُجِد صدفة بتطبيق قوانين وشروط رياضية جامدة، وكانت الكنيسة تحاول، وبصعوبة بالغة، أن تقنع العلماء – وفي اغلب الاحيان أن ترغمهم على الرضوخ – بأن هذا الكائن موجود، وهو المُتحكّم والمُسيطر باستخدام أدوات خاصة هو ابتدعها، وهي القوانين الفيزيائية.

استخدمت الكنيسة كل طريقة ممكنة لتحارب بشراسة أي فكرة توحي ولو من بعيد بأن الكون تحكمه قوانين وضوابط فيزيائية طبيعية وليست إرادة إلهية من نوعٍ ما. كانت نقطة الصراع الحقيقية هي حول أهميّة الإنسان في هذا الكون وتميّزه ومسألة وجود

الكون لأجله. هذه الفكرة، كان الطرفين -العِلْم والدين- يتنازعان بشأنها، لأنها تؤدي في النهاية إلى الاستنتاج بوجود رب خالق أو عدم وجوده مطلقاً. كانت الكنيسة تركّز وبشدّة، مأخوذةً بالنصوص الدينية، على إن الإنسان هو محور الكون، وإن الكون وجد لأجله، وبالتالي فإن الكوكب الذي يعيش فيه الإنسان لابد أن يكون مركز الكون، ولابد أن يكون كل الكون يدور حوله بطريقة قدسية، لأن الإنسان -حسب رأي الكنيسة- هو صورة الرب في هذه الدنيا، ولذلك لابد على كل المخلوقات الأخرى، بل كل الكون، أن يتمحوَر حوله. ولكن بدأ التمرد العلمي على هذه الفكرة على يد (**جوردانو برونو**)، العالِم الإيطالي، الذي اعتنق مذهب (**كوبرنيكوس**) حول كروية الأرض ودورانها حول محورها في الفضاء، وذهب إلى أبعد من ذلك بوضعه فرضية إن النظام الشمسي هو واحد من مجموعة لانهائية من النظم الشمسية، وإن كوكب الأرض هو عبارة عن كوكب عادي من أعداد لا تحصى من الكواكب المنتشرة في كون لانهائي، وبالتالي، فإن الأرض ليست هي مركز الكون. هذا يعني إن الإنسان ليس له تلك الأهمية المميزة التي تجعل الكون كله يدور حوله ولأجله. كان يمكنك في حينها أن

تصفع كاهناً أو رجل دين على وجهه وتشتمه أبشع الشتائم أسلم لك من أن تقول له إن الأرض هو كوكب كروي وهو مجرد صخرة متناهية الصغر بالنسبة لبحر لُجيّ لمليارات ومليارات من الصخور الأخرى! وقد دفع (**برونو**) ثمن فكرته هذه غالياً وتم اتهامه بالهرطقة وإحراقه حياً في ساحةٍ في وسط روما. حفلة الشواء الإرهابية هذه لم تثني عالماً إيطالياً آخر، وهو (**غاليليو غاليلي**)، عن تحدي الفكرة الدينية التي أصبحت الدلائل التي تشير إلى عدم منطقيتها تتزايد بشدة، حيث اعتنق أيضاً مبدأ (**كوبرنيكوس**) البغيض بالنسبة للكنيسة، ودافع عنه بقوة على أسس فيزيائية، فقام اولاً بإثبات خطأ نظرية (**أرسطو**) حول الحركة، تلك النظرية التي تعتمد على مركزية الأرض، والتي تعتنقها الكنيسة. ثم بدأ يؤكد على أن الأرض في الواقع تدور حول الشمس مع كواكب وأجرام أخرى. ورغم إن (**غاليليو**) قد طعن في أساس العقيدة الكاثوليكية، إلا إن حججه كانت قوية لدرجة جعلت من الكنيسة تتراجع عن شراستها المعهودة، وبدأت بالاقتناع بالفكرة الجديدة حول إن لا الإنسان ولا كوكب الأرض ولا النظام الشمسي هو مركز الكون، على الأقل في بداية الأمر، ولكن ما لبثت أن عادت إلى عنادها ووجّهت ماكينتها

السلطوية تجاه عنق (**غاليليو**) الذي تعلّم الدرس جيداً من سلفه (**برونو**) وتراجع عن أفكاره حفاظاً على حياته.

بعد الثورة العلمية التي بدأت تتعاظم، وبدأ التمرّد العلمي على الأفكار الدينية القديمة يتزايد وينتشر، كان لابد للكنيسة أن تغيّر من خططها للحِفاظ على مكانتها المقدّسة لدى الناس، ولتحقيق لذلك، يجب عليها أن تأتي بأفكار أفضل من مجرّد الأسطوانة القديمة البالية حول مركزية الأرض التي أدّت المشاهدات الكثيرة واختراع التليسكوب من قبل (**غاليليو**) إلى نبذها مرة وللأبد. بدأت الكنيسة، بدلاً من محاربة العِلْم والعلماء بالحديد والنار، بجذبهم إلى صفوفها لإيجاد أرضية مشتركة يمكن لها أن تدمج بين العِلْم والدين ولكن بالمحافظة على مسألة وجود خالق، حتى وإن عنى ذلك التنازل عن خصوصية بني البشر، وتميّزهم، ومركزيّة كوكبهم. هذا التنازل جعل العلماء ينتقلون إلى مفاهيم أبعد وأكثر عمقاً، فبعد التخلّص أخيراً من مسألة مركزية الأرض، وبدأ الانفتاح الفلكي يتّجه إلى المرحلة التالية، وهي محاولة تفسير كيف بدأ كل شيء، انتقل الصراع إلى مرحلة جديدة حاولَت فيها

الكنيسة أيضاً أن تزاحم العلماء بإيجاد تفسير مناسب ومقبول ممكن أن يخفّف الشقاق ولا يستدعي إقامة المحارق في الساحات العامة.

ولكن بعد أن يئست الكنيسة من محاولاتها الفاشلة في تفسير الوجود وآلية الكون وأسبابه، وبعد أن تجرّأ العلماء على تجاهل أصوات الكنيسة وحقيقة وجود الرب، اصبحت النقطة الجوهرية في الصراع ما بين العلم والدين هي كيفية نشأة الكون، فالدين لا يجيب عن ذلك السؤال إجابة تشفي الغليل، بل يعطي صورة مقتضبة يتبعها بعبارة أكثر إحباطاً وغموضاً وهي **"قدرة الله"**، والعلم بكل أسلحته الرياضية لم يستطع أن يفسّر كيف بدأ الكون، فيد الرياضيات لا تطال تلك الفترة الساحقة في القدم، وإن طالتها فستصبح هذه اليد مُهترئة وهشة جداً بحيث انها تتهاوى وتسقط ولا يصبح لأصابعها اي معنى.

كان أساس المشكلة هو إن أحد أهم وأوضح قوانين الفيزياء التي تم اكتشافها مبكراً يقول بأن المادة لا تَفنى ولا تُخلق، فكيف إذن جاءت المادة من لا شيء؟ فإن كان الدين يزعم بأن هناك كائن أسمى قد أوجد الكون، فكيف جاء بالمادة من العدم وانتهك قانوناً

هو قد وضعه؟ وكانت إجابة الدين الشهيرة **"قدرة قادر"** لا تُسمن ولا تُغني من جوع. وبعد اليأس، كان لابد من تهادن العدوّيَن اللدودين على الأقل في هذه المسألة، للخروج بحل يرضي كل الأطراف.

في عام **1927**م جاء (**جورج لوميتر**)، الكاهن الكاثوليكي وعالِم الفيزياء، بنظرية **الانفجار العظيم** كمحاولة منه لدمج المكتشَفات العلمية الجديدة بالتقاليد والمفاهيم الدينية الراسخة. قام (**لوميتر**) بنشر بحث علمي تحت عنوان **"كون متجانس ذو كتلة ثابتة ويتّسع مُسبّباً دوران السُدُم خارج المجرّة"**، وقدّم في هذه الرسالة فكرته الجديدة عن كون يتمدّد، ولكن حتى ذلك الوقت، لم يُشِر إلى الانفجار العظيم، ولم تُلفت تلك الرسالة نظر الفلكيين في وقت نشرها، حيث لم تُقرأ خارج (**بلجيكا**). في ذلك الوقت لم يهتم (**ألبرت آينشتاين**) كثيراً بالبحث الرياضي لـ(**لوميتر**)، وكان رافضاً لفكرة تمدّد الكون، وعلّق على رسالة (**لوميتر**) قائلاً: ***"إن حساباتك سليمة، ولكن الفيزياء التي استخلصتها ليست واقعية"***. وفي عام **1931**م دُعي (**لوميتر**) إلى لندن للمشاركة في اجتماع

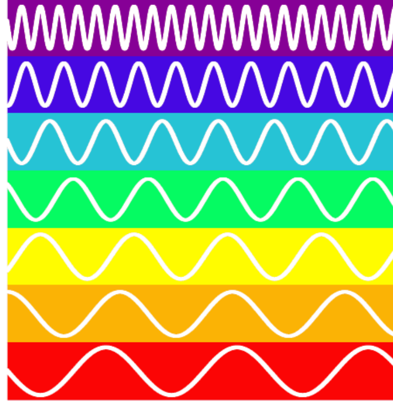
الجمعية البريطانية للتقدّم العلمي ومناقشة العلاقة بين العِلْم والدين. وهناك اقترح (**لوميتر**) إنّ تمدّد الكون كان من نقطة ابتدائية صفرية ذات طاقة لا متناهية أسماها **"الذرّة الأولية"**، ومنها بدأ الكون بالتوسّع والتضخّم الهائل والسريع جداً ليتم استخدام الطاقة غير النهائية تلك في تحويلها إلى كتلة من المواد داخله، ومَن بَدأ هذا الانفجار هو كائن طاقيّ خارق نسميه (**الله**). أمّا تسمية هذه النظرية بـ (**الانفجار العظيم**) فقد أطلقها العالم البريطاني (**فريد هويل**) ساخراً في برنامج على إذاعة **BBC** البريطانية، حيث كان من أشد معارضيها.

كانت هذه النظرية جيدة جداً ومدعومة بمشاهدات ودلائل كثيرة لدرجة إن العلماء تنازلوا عن كبريائهم وتعجرفهم لأول مرة فيما يتعلق بنظرية دينية المصدر، وبدأوا فعلاً البحث في هذه النظرية محاولين الوصول إلى مدى دقتها. كما إن هذه النظرية قد تمدّدت بكل راحة لأنها لم تُحارب من قبل الكنيسة ولا من قبل الأكاديمية لأنها وليدة تزاوجهما، فحصل هذا المولود على حنان ورعاية أبويه حتى بلغ أشدّه.

بعد طرح (**لوميتر**) لنظريته الفذّة بعامين، تناهى إلى مسامع القارة البعيدة (**الولايات المتحدة**) ظهور هذه **النظرية**، فقام (**إدوين هابل**)، الفلكي الأمريكي الشهير، والذي سُمّي التلسكوب الفضائي الشهير باسمه، بتوجيه تلسكوبه الأضخم على الإطلاق في تلك الفترة نحو السماء، فلاحظ شيئاً غريباً!

لاحظ (**هابل**) إن لون المجرّات البعيدة يبدو أكثر احمراراً بقليل من لون المجرات القريبة، وكلّما زاد بعد المجرّة عنّا، زاد احمرارها، وحتى تفهم مقدار دهشة (**هابل**) فأنت تعرف إن الضوء المرئي هو خليط من ألوان، ولا شك إنك تلاحظ هذا الخليط في ظاهرة قوس قزح، فاللون الأبيض للضوء ما هو إلا خليط من مجموعة ألوان تبدأ باللون البنفسجي وتنتهي باللون الأحمر. إن ألوان الطيف الضوئي، في الحقيقة، ماهي إلا موجات مختلفة الأطوال، فاللون البنفسجي هو أقصر موجة ضوئية في الضوء المرئي، واللون الأحمر هو أطول موجة ضوئية في الضوء المرئي، كما هو موضح في **الشكل 2-1**.

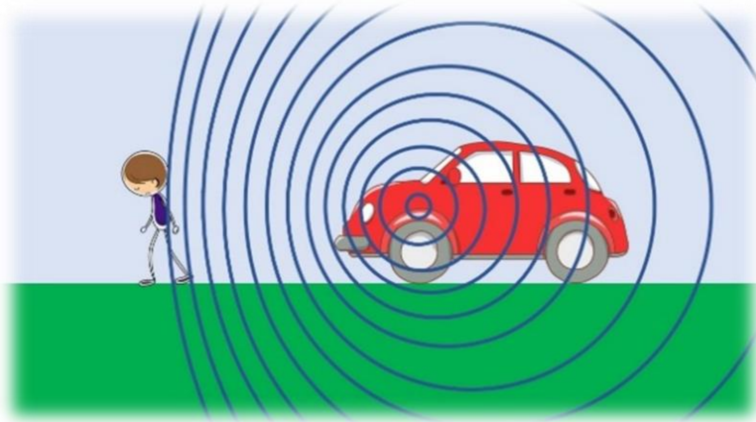
أطوال موجات الطيف الضوئي



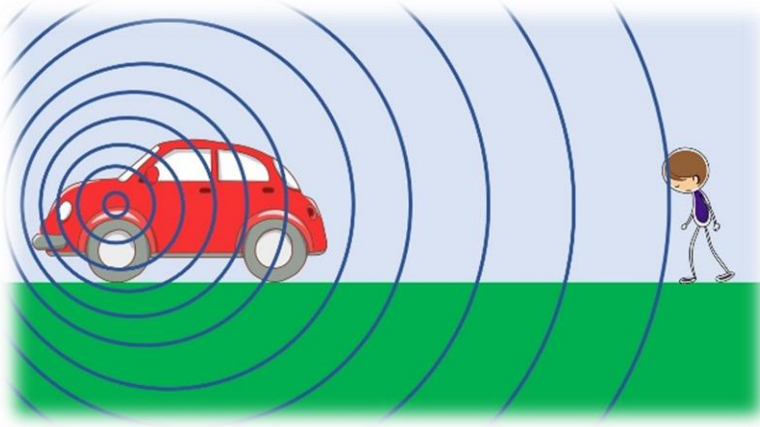
شكل 2-1: موجات ألوان طيف الضوء المرئي

فهِمَ (**هابل**) إن احمرار المجرّات البعيدة يعني إن تلك المجرّات تبتعد عنّا مسرعة، هذه الظاهرة هي مشابهة لظاهرة تُعرف باسم (**تأثير دوبلر**). هذا التأثير نحن نختبره كثيراً في حياتنا اليومية، فمثلاً، تخيّل إنك تمشي وحيداً في طريق زراعي نائي، تضع سترتك على كتفيك، وتركل الحصى والأحجار الصغيرة خلال سيرك، ثم تسمع من خلفك صوت محرّك سيارة تقترب منك مُسرعة من بعيد، يمكنك الإحساس بأن السيارة قادمة باتجاهك وليست مبتعدة عنك، وذلك لأن دماغك يستطيع تمييز التغيّر الطفيف في الموجات الصوتية لتحديد اتجاه حركة الجسم الذي يُصدر الصوت. فباقتراب السيارة منك، ستنضغط الموجات الصوتية باتجاهك ولذلك ستسمع صوت

محرك السيارة أكثر حدّة، وتزداد حدّته كلما اقترَبت السيارة منك، وسيقوم دماغك بترجمة هذا التغيّر في حدّة الصوت على إنه اقتراب بوتيرة متسارعة، بل يمكنه التكهّن بصورة جيدة بسرعة السيارة وأين موقعها بالضبط خلفك. وحينما تجتازك السيارة، وعلى فرض إن سائقها لم يُعر أهمية لقفزك في الشارع ملوّحاً له بالوقوف لتخليصك من هذا المكان النائي، فستسمع الآن السيارة وهي تبتعد عنك، وبدلاً من أن تنضغط موجات صوت المحرك، فستتمدّد وتستطيل لتسمع صوت محركها اقل حدّة كلما ابتعدَت، وبالتالي يمكن لدماغك أيضاً أن يترجم هذه الاستطالة بالموجات الصوتية على انها ابتعاد متسارع. **الشكل 2-2 والشكل 2-3.**



شكل 2-2: تأثير دوبلر عندما تقترب السيارة منك وتنضغط موجاتها الصوتية فتسمع صوت محركها أكثر حدة.



شكل 2-3: تأثير دوبلر عندما تبتعد السيارة عندك فتتمدد موجاتها الصوتية وتسمع صوت محركها اقل حدة.

هذه الظاهرة تحدث أيضاً للموجات الضوئية على المسافات الفلكية، فكلما اقترب الجسم من المراقب، فستنضغط الموجات الضوئية لتصل إلى طول موجة اللون البنفسجي، لذا سترى لونه يميل إلى اللون البنفسجي أو الأزرق، وكلما ابتعد عنك الجسم فستتمدّد وتستطيل موجات ضوئه لتصل إلى طول موجة اللون الأحمر، لذا سترى لونه يميل إلى الاحمرار. قرّر (**هابل**)، بما إن ضوء المجرّات البعيدة يميل إلى الاحمرار، فهذا يعني انها تبتعد عنا مسرعة، واكتشف إن هذا الاحمرار منهجي، فكلما كانت المجرّة أكثر بعداً عنا، بدت لنا أكثر احمراراً.

لو كنت تشاهد بالوناً يتمدّد، فبالتأكيد يمكنك التخمين بكل ثقة إن هذا البالون كان في وقت ما اقل حجماً مما هو عليه الآن، بل يمكنك العودة بالزمن في عقلك لتستنتج إن هذا البالون بدأ من حالة صغيرة خاملة، هذا هو الاستنتاج المنطقي، وهذا هو ما حدث بعد ملاحظة توسع الكون، فما دام الكون يتوسّع الآن، إذن هو قبل يوم كان أصغر مما هو عليه الآن، وقبل أسبوع كان أصغر، مما قبل يوم، وقبل سنة كان أصغر مما قبل أسبوع، وبإعادة الشريط الزمني إلى الوراء، يمكن التخمين بأن الكون كله بمجرّاته ونجومه ومادته وطاقته في يومٍ ما، في لحظةٍ ما، كان مضغوطاً بحجم صغير، وبدأ من نقطة متناهية في الصغر، وإن هذه اللحظة كانت قبل **13.7** مليار عام.

كانت هذه النظرية صادمة وغريبة بكل المقاييس، فمنذ نشوء العقلية البشرية ومنذ أن رَفَع اول إنسان عينيه إلى السماء، كانت الفكرة الرئيسية هي إن الكون أزلي وأبدي، مستقر وثابت، ليس له بداية أو نهاية أو حدود، وكان هذا أيضاً رأي (**آينشتاين**) الذي كان يعتقد بثبات واستقرار الكون، ومسألة اقتراح نقطة بداية لهذا

الكون هي مسألة قلبت موازين كلٌ من العلم والدين، وغيّرت مفاهيم البشر ونظرتهم تجاه أنفسهم وتجاه الوجود نفسه.

إن المشكلة الأساسية في العلم بصورة عامة -وهي نقطة قوّته أيضاً- هي إنه لا يجيب على سؤال حتى يُثير عشرات الأسئلة الأخرى، وبالتالي كلما عرفنا أكثر، كلما جهلنا أكثر! فكلما يغوص العلم أكثر في مجال ما، كلما ازدادت التعقيدات وازدادت النواحي المجهولة وظهرت التباسات وأسئلة أخرى تجعل من محاولة الإجابة على السؤال الأول محاولة بسيطة وتافهة بالمقارنة مع المعضلات التي أثارتها تلك الإجابة. فكأنك تأخذ بيضة ما وتحاول الإجابة عن محتويات هذه البيضة، فتكسرها، لتجد في داخلها صفاراً وبياضاً، هذه هي إجابتك التي تريدها، ولكن ستبرز هناك أسئلة ملحّة أخرى، فما هو هذا الصفار؟ وما هو هذا البياض؟ وإن حاولت الإجابة عن هذه الأسئلة أيضاً فستبرز أسئلة أخرى أكثر.

مسألة بدء الكون من نقطة صفرية بانفجار عظيم هي مسألة أثارت أسئلة جوهرية وفلسفية أعظم وأشد تعقيداً، فبعد مهادنة الدين للعلم في مسألة إن للكون بداية -وقد تكون له

نهاية- حدث الشقاق حينما برز السؤال الأهم: ***من هو الذي افتعل هذا الانفجار العظيم؟!***

"حسناً أيها العلماء، لقد رضينا بأن للكون بداية وإنه خُلق وتمدد من نقطة بداية، واقتنعنا بأننا لسنا مركز الكون، بل لسنا مركز أي شيء، ولكن لكل بداية مُبدئ، ولكل فعل سبب، فمن هو الذي سبّب هذه البداية الكونية؟!"

حاوَل العلماء الإجابة عن هذا السؤال، ليس بدافع إرضاء فضول الكنيسة أو الدفاع عن رصانة نظرية الانفجار العظيم، ولكن لإثبات إن الكون لا يحتاج إلى خالق وإن الانفجار العظيم لا يحتاج إلى قادح، فإن وُجِد قانون فيزيائي يسمح بنشوء كون من نقطة بدائية، فلا داعي إذن لوجود كائن خارق يلعب بأعواد ثقاب سماوية ليفتعل انفجارات عظمى هنا وهناك ويخلق أكواناً كما يشاء. ظهرت الكثير من النظريات وتم اجراء آلاف التجارب والمشاهدات وتم فحص عدد لا يُحصى من القرائن، ولكن، حين تتبّع مسار الفيلم الكوني إلى الوراء، وجد العلماء إن القوانين الفيزيائية والمعادلات الرياضية تعمل بكل كفاءة لغاية ما بعد لحظة الانفجار بفترةٍ قصيرة

إلى حد لا يُصدّق. في الحقيقة، إن القوانين والمعادلات كلها تعمل بشكل جيد لغاية ما بعد لحظة الانفجار بـ $\mathbf{10^{-43}}$ من الثانية، أي جزء من **10 تريديسيليون**[1] جزء من الثانية، ولكنها تتهاوى جميعها عند لحظة الانفجار نفسها. فلا يمكن لأي تعبير رياضي أو قانون فيزيائي معروف أن يصف اللحظة صفر، وهي اللحظة التي بدأ عندها الزمان والمكان. لذلك أطلق العلماء على هذه اللحظة مصطلح **"لحظة التفرّد Singularity"** وهي اللحظة التي يبدأ منها كل شيء، وينتهي فيها كل شيء .

استغلّت الكنيسة هذا الإخفاق، وأصبحت تُذّكر في كل آن ومكان بأن العلم غير قادر على رعاية هذه الفكرة لوحده، وإن محاولة التخلّي عن ضرورة وجود خالق هي محاولة عبثية، فمهما تقدّم العلم فلن يستطيع أن يصل لتلك اللحظة العنفوانية الجبّارة التي أطلقت إلى الوجود كل ما كان وسيكون. بالطبع فإن العلماء لم

[1] التريديسيليون هو رقم يحتوي على 42 صفراً بعد الواحد وهو يعادل عشرة مليون مليار مليار مليار مليار.

يثنيهم استعصاء هذه اللحظة عن محاولة فهمها والبحث بجنون عن قانون أو تعبير رياضي ممكن أن يجعلها تحت طوعه.

من الجميل إن العلم أصبح يؤثّر في الدين ويتأثّر به، وإن الصراع تحول من حقيقي دامي ينتهي بمحرقةٍ هنا أو مشنقةٍ هناك، إلى صراع فكري فلسفي؛ لأن العلم قد ساهم في تخلي الدين عن الكثير من المعتقدات الخرافية والأسطورية، واستبدلها بمعتقدات حديثة تحاول أن تمزج بين العقائد الراسخة بالكتب المقدسة، وبين الاكتشافات العلمية المتوالية. هذه الحداثة لازالت حذرة، ومشروطة بشرط أساسي واحد، وهو عدم المساس بمسألة وجود الرب.

بعد أن تم تخمين عمر الكون، وميقات اللحظة الأولى، أصبحت القوانين الفيزيائية تصف، أو تحاول أن تصف، كل شيء في الكون، وفي كل لحظة منه، منذ خلقه وحتى نهايته؛ لذا فقد ازدادت قوة الفكرة القائلة بعدم ضرورة وجود خالق مسيطر ومسيّر لشؤون الكون. مادامت شؤون الكون اليومية يتم إدارتها بواسطة حشد هائل من القوانين الفيزيائية، فكل شيء يقع تحت سلطانها، كل شيء ماعدا لحظة الخلق نفسها! هذه الفكرة جعلت الدين يمكن

له أن يتخلى عن فكرة الخالق المسيّر الذي يُمسك النجوم والمجرّات بخيوط ويدوّرها في أفلاكها، ولكنه لا يمكن له أن يتخلّى عن فكرة الخالق المصوّر، لذا فيمكن للكون أن يسير حسب قوانين فيزيائية موضوعة مسبقاً، ولكن من خَلق هذه القوانين وحدّدها وجعل لها سلطاناً على الكون هو الخالق الذي أشعل شرارة الانفجار العظيم. هذه القوانين هي كلها قواعد مُصاغة من قِبَل الرب لتسيير أمور كونه، ولكن هذه القوانين لا تصل إلى لحظة الخَلْق، فهي اللحظة التي تفرّد فيها الخالق بالنقطة المتفرّدة، تلك النقطة التي ينتهي عندها العلم وتصبح الامور كلها في يد الرب، فهي لحظة إبداعه، والتي قال فيها للنور كُنْ، فكان!

أعظم القصص

"في البدء كان الكلمة. والكلمة كان عند الله. وكان الكلمةُ الله"

إنجيل يوحنّا، الإصحاح الأول

في صباح يوم **30** تشرين الأول عام **1961م**، حلّقت القاذفة السوفيتية (**توبولوف**)، حاملة على متنها وحشاً مخيفاً وزنه **27** طناً، وطوله **8** أمتار، وقطره **مترين**، أسماه الروس (**قنبلة إيفان الكبير**)، وأسماه الغرب (**قنبلة القيصر Tsar Bomba**).

حينما وصلت القاذفة فوق جزيرة (**نوفايا زيمليا**) في المحيط المنجمد الشمالي، ألقت بهذا الوحش من ارتفاع **10** كيلومترات ليهوي مُسرعاً باتجاه أرض هذا الكوكب المسكين. وحينما وصلت القنبلة إلى ارتفاع **4** كيلومترات عن سطح الأرض، حانت ساعة الزمجرة، وانطلق الجحيم النووي ليدوي بانفجار مزلزل شق السماء وساخت تحته الأرض. تجسّد جبروت الوحش بسحابة انفجارية وصل ارتفاعها إلى **64** كيلومتر وعرضها **40** كيلومتر! وانطلقت دائرة من النار الشعواء لتبتلع الأرض والسماء حتى وصل عرضها

إلى **5** كيلومترات، وطافت موجة الصدمة الناتجة عن الانفجار حول الكرة الأرضية بأكملها ثلاث مرات! هذا الانفجار كان أكبر بمقدار ثلاثة آلاف مرة من انفجار قنبلة هيروشيما، وتسبّب في كسر النوافذ في البنايات التي تقع حتى على بعد **900** كيلومتر، كما كان يُمكن رؤية وميض الانفجار من على بعد **1000** كيلومتر! ذاب ثلث قشرة سطح الأرض تحت منطقة الانفجار، حيث تحوّلت الصخور في مركز الانفجار إلى رماد وتحوّلت بقية الأرض إلى سطح من الزجاج. هذه التجربة المخيفة صعقت العالم كله، وهذا كان أعظم انفجار صنعه البشر في التاريخ.

أمّا أعظم انفجار طبيعي حدث في العالم -خلال التاريخ البشري بالطبع- فهو انفجار (**تونغوسكا**)، الذي حدث في يوم **30** حزيران عام **1908م** فوق غابات (**التايغا**) في روسيا، كانت قوة هذا الانفجار تعادل **185** مرة قوة **قنبلة هيروشيما**، وأحدث دماراً في مساحة أكبر من مساحة لندن، وقام بتبخير **90** مليون شجرة في لحظة! وأدت موجة الصدمة الناتجة عن الانفجار إلى إلقاء الناس في الهواء من على بعد **64** كيلومتر. لا أحد يعرف ما الذي سبّب هذا

الانفجار، حيث اعتقد العلماء في البداية إن نيزكاً تحطّم على الأرض، ولكن لم يعثر أحد على النيزك قط، وما تزال آثار الانفجار المرعب قائمة حتى اليوم.

*****

سنبدأ معاً برواية قصة، حكاية من الزمن الغابر، كل شخوصها أبطال، وكل أماكنها مركزية، طولها عظيم، وتسارع أحداثها مَهول. هي ليست قصة رومانسية، أو بوليسية، أو رعب، أو خيال علمي، هي كل ذلك وأكثر، هي قصة القصص، قصة كل شيء منذ أول بداية.

التمعت فجأة في غياهب العدم نقطة حجمها صفر، وطاقتها وكتلتها لانهائية. لا أحد يعرف أين ومتى، فحتى كلمتي "أين" و "متى" ليستا ذاتا معنى لتصف هذه النقطة، لأن كل أين ومتى انبثق مع هذه النقطة، فقبلها لا مكان ولا زمان، إنها بداية الوجود وكل ما موجود.

إنها لحظة الخلق، بداية البدايات، ونقطة الانطلاق الوجودية. سُمّيَت هذه اللحظة بلحظة **"التفرّد"**، لأنها فريدة منفردة متفرّدة، ومنها انبثق ما سُمّي بـ **"الانفجار العظيم"**.

إن مصطلح الانفجار العظيم، هو مصطلح غير دقيق، بل غير واقعي بالمرّة، فهو مصطلح عاجز ضئيل يصف شيء لا يمكن تصوّره أو تخيله. هذا المصطلح يخرق أصلاً أساس الفيزياء، وكما أشرتُ في الفصل الثاني، فقد تم إطلاقه تَندّراً وسخريةً وليس وصفاً دقيقاً لما حدث فعلاً.

حينما يسمع المرء بالانفجار العظيم، يتخيّل إن هناك شيء انفجر وانطلق بقوة جبارة مصحوباً بزمجرة والتهاب ناري مزّق ما كان موجوداً وحوّله إلى ركام لينبثق من هذا الركام كوننا، ولكن في الحقيقة، هذا المصطلح يعطي إيحاءً مغلوطاً، فلم يكن هناك انفجار، لم يكن هناك شيء لينفجر أصلاً. من طبيعة الانفجار إنه عبارة عن نشاط تسلسلي محموم، يحدث بسبب تفاعل معين، ليتمدّد خلال وسط معين. إذن، فالانفجار يحتاج في بداية الأمر إلى مكان، ويتمدّد خلال المكان، ولكن إنْ لم يكن هناك مكان أصلاً فكيف يحدث

انفجار؟ ما الذي سينفجر أساساً إن لم تكن هناك مادة أصلاً وكان عدم؟ إن الفكرة الأساسية التي تتبادر في بال من يسمع بمصطلح الانفجار العظيم هي إنه يتخيّل نفسه واقفاً على بُعد في الفراغ المظلم ليشاهد فجأة شيئاً لمع في قلب الظلام ليتمدّد بطريقة انفجارية ويشغل الفراغ المظلم. حسناً، أزِلْ هذه الفكرة من خيالك، فأولاً، ليس هناك أصلاً مكان تقف فيه لتشاهد هذه اللمعان المفاجئ. ثانياً، أنت وكل ما تشاهده حالياً كنتم في داخل هذه النقطة التي انبثقت إلى الوجود!

إن الانفجار العظيم خلق الزمان والمكان، فلا كان يوجد مكان قبله ولا زمان –أو هذا ما تقوله لنا الفيزياء– فالمكان والزمان كانا داخل هذا الفقاعة الدقيقة التي ظهرت إلى الوجود من العدم وحملت في أحشاءها الكون برمّته.

بعد اللحظة صفر، إلى اللحظة $\mathbf{10^{-43}}$ من الثانية[1]، وهي الفترة التي تدعى بـ **"فترة بلانك[2]"**، نسبة إلى عالم الفيزياء الألماني

[1] أي جزء من عشرة مليون مليار مليار مليار جزء من الثانية.

[2] تعتبر هذه الفترة الزمنية هي أصغر وحدة زمنية في الوجود ولا يوجد ما هو أصغر منها.

(**ماكس بلانك**)، هذه الفترة تنتهي عند حدودها الفيزياء، ولا نعرف إلا الشيء القليل عن هذه الحقبة. خلال هذه الفترة وصل قطر الكون إلى $\mathbf{10^{-35}}$ متر، وسُمّيَت هذه المسافة بـ **"طول بلانك[3]"**، وبلغت درجة حرارة الكون $\mathbf{10^{32}}$ درجة مئوية. هذه الفترة من الصغر بحيث إنها حتى بمقاييس الرياضيات أو الفيزياء تعتبر لحظة آنية.

بعد هذه الفترة اللحظية الغامضة تأتي لحظات أخرى تَضاعَف حجم الكون خلالها مراتٍ عديدة، ولكن لا تتصور إن هذا التَضاعُف بالحجم سيجعل من الكون شيئاً تراه بالعين المجرّدة، بل لازال حجم الكون أصغر بمليارات المرات من أصغر نواة ذرية.

لا زلنا مستمرين بقصة ولادة الكون، ولكننا وصلنا إلى حدث غريب، غامض وجبّار، وسريع إلى درجة لا تُصدّق. مجرّد محاولة تخيّل هذا الحدث قد تكون أغرب حتى من محاولة تخيّل ظهور نقطة الصفر الكونية. هذا الحدث يُدعى بـ **"التَضخّم الكوني"**. افترض إنك تشاهد ولادة طفل، خرج هذا الطفل من رحم أُمه صغيراً،

---

[3] هي أصغر وحدة مسافة في الوجود، وهي المسافة التي يقطعها الضوء خلال زمن بلانك.

ولكن، فجأة وبصورة لحظية، قفز حجم هذا الطفل فأصبح بحجم الكرة الأرضية! هذا ما حدث للكون خلال فترة زمنية قدرها 10^{-32} من الثانية، فخلال هذه الفترة اللحظية قفز حجم الكون بسرعة جنونية أكبر من سرعة الضوء بمراتٍ عديدة ليَتضاعَف حجمه تريليونات المرات ويصل قطره إلى **10** سنتيمترات، وهو ما يعادل حجم برتقالة! لا أحد يعلم ما الذي حدث، وما الذي سبّب هذا التضخّم التوسّعي المجنون. كل ما يعرفه العلماء هو إن الكون اتخذ شكله النهائي بعد انتهاء التضخّم، وعاد إلى مسار التمدّد الطبيعي المتسارع. يقول (**ديفيد سبيرغل**) عالم الفيزياء الفلكية النظرية في جامعة (**برينستون**) في (**نيوجيرسي**) ***"كان الكون يتمدّد، وبتمدّده بدأ يبرد ويصبح أقل كثافة"***.

قد تتخيل إن للكون قشرة، كالبيضة، وانتفاخه أو تضخّمه يعني إن هناك حداً مُميَّزاً للكون يحيط به، ويتمدّد ليزيح المزيد والمزيد من المادة في طريقه كالبالون حينما يحيط بهوائه ذلك الغلاف البلاستيكي المرن. في الحقيقة، ليس للكون حد، أو غلاف، أو نهاية مميزة. وقد يساعدك في فهم شكل الكون أن تتخيل مكعباً حديدياً

كبيراً أملس ومصقول ولامع، وفي داخله تنمو فجوة كروية فارغة، تخيل إن لا مكان في كل أجزاء هذا المكعب إلا في داخل الفجوة، فالمكان قد خلقته الفجوة، ولا يُمكنك -إن كنت صغيراً بما يكفي- أن تقف في أي مكان داخل هذا المكعب المصقول إلا في داخل الفقاعة. هذا ما يعنيه إن المكان قد خُلق مع الكون، ولا يوجد مكان خارج هذا الكون.

كذلك تخيّل إن هذه الفجوة ليس لها قشرة أو حدّاً مميزاً، فما دامت تتوسّع، فهذا يعني إن هناك مكان جديد يُخلق باستمرار، لن يتم إزاحة شيء، بل سيتم خلق المكان من العدم، فلو فرضت إن مادة الحديد تعتبر هي العدم، والفجوة تعتبر هي الوجود، فيمكنك أن تقول إنه لا يوجد في الحقيقة سوى الفجوة، لأنك لا يُمكنك أن تقف وتعيش إلا داخلها.

بعد مرحلة التضخّم الكوني، تمتلئ اللحظات الزمنية بأحداث مثيرة وهوجاء لتظهر فيها جسيمات وتختفي جسيمات، ويتمايل ويتمازج العصير الكوني الحار جداً والذي يملأ هذا الوجود الصغير؛ حتى يصل عمر الكون إلى **ثانية واحدة**. بعد هذه

الثانية، وصلت درجة حرارة الكون إلى حوالي **تريليون** درجة مئوية، وعندها، ظهرت البروتونات والنيوترونات[4] إلى الوجود لأول مرة.

بعد هذه المرحلة، ولغاية الدقيقة الثالثة من عمر الكون، تبدأ مرحلة غريبة. في الحقيقة لا يوجد حدث يخصّ بداية الكون ليس غريباً. هذه المرحلة هي مرحلة تخليق الإلكترونات والإلكترونات المضادّة التي تُسمّى (**البوزيترون**[5]). تتصادم الإلكترونات البوزيترونات مع بعضها، لأن من طبيعة المادة إنها تتعطّش للاصطدام بالمادة المضادّة. هذا الاصطدام هائل، ويُنتج طاقة جبارة على شكل فوتونات.

تبدأ المرحلة التالية التي تستمر لغاية **الدقيقة عشرين** من عمر الكون. انخفضت فيها درجة الحرارة إلى حوالي **مليار** درجة مئوية، وهي درجة حرارة كافية للسماح للبروتونات والنيوترونات

---

[4] البروتون والنيوترون هما لبنات بناء نواة الذرة، فالبروتون يحمل شحنة موجبة، أما النيوترون فهو يعادل حجم البروتون ولا يحمل أي شحنة.

[5] البوزيترون هو مضاد الإلكترون، وهو بنفس شكل وحجم وخصائص الإلكترون ولكنه موجب الشحنة، الإلكترون والبوزيترون يتصادمان فيفنيان بعضهما البعض ويختفيان من الوجود ليطلقا طاقة هائلة.

بالاندماج معاً عبر تفاعل اندماج نووي لتكوين أنوية ذرات عناصر الهيدروجين والهيليوم والليثيوم. وبعد تلك الدقائق العشرين، انخفضت كثافة وحرارة الكون إلى درجة منعت عمليات الاندماج النووي من الاستمرار.

تَعْقُب هذه الحقبة، حقبة طويلة تُسمّى **"حقبة الفوتونات"**، والتي تستمر لغاية **240** ألف سنة من عمر الكون. في هذه المرحلة، أصبح الكون مليئاً بالفوتونات، كما إن قوامه أصبح مُكوّناً من **البلازما**[6]، وهي حساء ساخن مُعتم من الأنوية الذرّية والإلكترونات. انخفضت الحرارة الكونية بصورة تدريجية، واستمر التفاعل المحموم والتلاطم بين أمواج الفوتونات وشواطئ البلازما. كان الكون حاراً جداً لدرجة لا تسمح للضوء بأن يشعّ. لا توجد أي مجرّة أو نجم أو كوكب في هذا الكون، كل ما يوجد هو غاز ساخن تتخلّله فوتونات تقصف -بلا هوادة- أنوية الذرات والإلكترونات، ولا تسمح لها بالتنفّس ابداً!

---

[6] البلازما هي الحالة الرابعة من المادة، بالإضافة للحالة السائلة والصلبة والغازية، وهي الحالة الأكثر انتشاراً في الكون.

تبدأ حقبة الاندماج الذرّي، والتي تستمر لغاية **300** ألف سنة من عمر الكون. في هذه المرحلة، تنخفض درجة حرارة الكون لتصبح نحو **3000** درجة مئوية، أي مقاربة لدرجة حرارة سطح الشمس. هذا الانخفاض بالحرارة يسمح للفوتونات بالتوقّف عن مضايقة الأنوية الذرّية والإلكترونات، كما إن حساء البلازما بَرُد لدرجة كافية تسمح بتشكّل أولى الذرّات، فتبدأ أنوية الهيدروجين والهيليوم بالتقاط الإلكترونات لتنتج ذرات هيدروجين وهيليوم، وبالتالي أصبح الكون شفّافاً ممّا يسمح للفوتونات بالسفر بحريّة عبر الكون مشكّلة الفوتونات ذاتها التي نراها في إشعاع الخلفية الكوني.

اقترح العالِم الروسي (**جورج غامو**) صورة مبكّرة للعالم الساخن في مقال شهير كتبه عام **1948**م مع أحد تلامذته، واسمه (**رالف آلفير**). كان (**غامو**) يتمتّع بروح الفكاهة، لذلك أغرى العالِم النووي الألماني (**هانز بيث**) ليُضيف اسمه في هذا المقال، لتصبح قائمة المؤلّفين: **آلفير**، **بيث**، و**غامو**، مثل الحروف الإغريقية الثلاثة الأولى: **ألفا**، **بيتا**، و**غاما**، الأمر الذي يُناسب بصورة جميلة

مقالاً يتناول البدايات الأولى للكون. سجّل (**غامو**) في هذا المقال تنبّؤات جديرة بالملاحظة، منها إن الإشعاع المُشكّل من الفوتونات والصادر عن المراحل المبكّرة للكون الساخن، لابد أن يكون موجوداً حولنا اليوم مع انخفاض درجة الحرارة لبضع درجات فوق الصفر المطلق.

في عام **1965**م، في مختبرات (**بيل للاتصالات**) في (**نيوجيرسي**)، صعد (**آرنو بنزياس**) و (**روبرت ويلسون**) فوق صحن لاقط كان مُخصّصاً لاتصالات الأقمار الصناعية التجارية لغرض تنظيفه من فضلات الحَمام الذي بنى أعشاشه في قلب الهوائي، كان الهدف من هذا الإجراء هو إزالة أي تشويش للإشارة التي يلتقطها الهوائي، حيث لاحظ العالِمان إن هناك ضجيجاً في الإشارة المُلتقطة لا يمكنهما التخلص منه مهما حاولا. كان هذا الضجيج عبارة عن إشارة غريبة تأتي من كل مكان، ومهما حاولا تغيير اتجاه الهوائي بقي هذا الضجيج نفسه وكأنه يملأ الكون برمّته.

جرّب العالِمان كل شيء للتخلص من هذه الإشارات الغريبة، بما في ذلك إزالة فضلات الحَمام، ولكن الإشارات بقيت

ولم تختفِ، فسألا (**روبرت ديك**)، عالِم الفلك الأمريكي، عمّا إذا كان يملك فكرة عن ماهيّة هذه الإشارات. أدرك (**ديك**) في الحال بأن فريق مختبرات بيل قد اكتشفوا ما بات يُعرف بـ **"إشعاع الخلفية الكونية الميكروي"**. هذا الإشعاع هو بقايا الانفجار العظيم، وهو الفوتونات الحارة التي تحرّرت في حقبة الاندماج الذري وأصبحت تسافر بحريّة في أرجاء الكون. كانت درجة حرارة هذه الفوتونات المتحجّرة **2.725** كلفن[7]، أي أكثر قليلاً من درجة الصفر المطلق.

هذا الإشعاع يملأ أرجاء الكون. وفي الحقيقة، يُمكنك رؤيته بنفسك على شاشة التلفاز! افصل الكابل واسحب الإشارة من الهوائي –حتى وإن لم يكن مُتّصلاً–، ثم اضبط التلفاز على أي محطة بلا إشارة. سترى ثلوجاً سوداء وبيضاء على شاشة التلفاز. مُعظم هذه الثلوج مجرّد ضجيج، ولكن قرابة **5-10%** منها سببه إشعاع الخلفية الكونية الميكروي.

---

[7] مقياس كلفن هو مقياس لدرجة الحرارة سُمّي نسبة الى العالم البريطاني (اللورد كلفن)، ويُستخدم عادة في القياسات العلمية ونادراً ما يستخدم في الحياة اليومية، حيث يسمى الـ (0 كلفن) بـ (الصفر المطلق) الذي فيه تتوقف حركة الجزئيات تماماً، وهو يعادل 273.15 تحت الصفر في المقياس المئوي.

حاز كلٌ من (**آرنو بنزياس**) و (**روبرت ويلسون**) على جائزة نوبل في الفيزياء عام **1978**م عن هذا الاكتشاف، وأصبح هذا الاكتشاف هو أحد الدلائل الرئيسة القوية التي تشير لنظرية الانفجار العظيم.

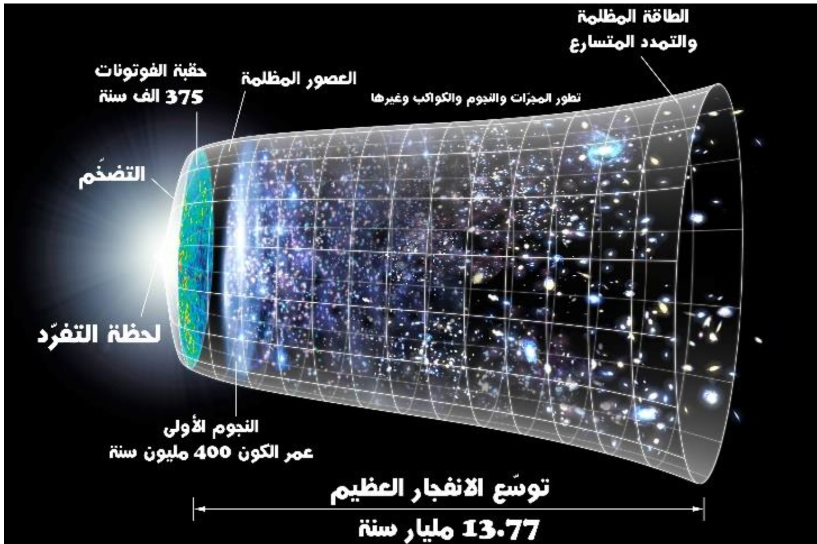
نعود الآن إلى قصة الطفل الكوني، والذي تركناه ولازال في فترة الحضانة وقد بلغ **300** ألف سنة وبنور يملأ كل أركانه. يصبح الكون في نهاية هذه المرحلة عبارة عن سديم ضبابي يتألّف من الهيدروجين بنسبة **75%** والهيليوم بنسبة **25%**. دخل بعد فترة النور هذه في عصر من الظلمات، حيث غاص نور الكون واضمحل حتى اختفى، واستمرّت هذه الحقبة حتى **150** مليون سنة، فبالرغم من وجود الفوتونات الضوئية بكثرة، إلا إنها مشتّتة وموزّعة على حجم كوني شاسع، جعل من الكون مُظلماً حرفياً. لو قُدّر لك أن تكون في هذا الكون في تلك الفترة، فلن ترى إصبعك ولو لمست به بؤبؤ عينك. كانت المادة -المؤلفة من الهيدروجين والهيليوم وبعض الليثيوم- منتشرة أيضاً على نطاق واسع في الكون، كان الكون كئيباً وبائساً ومُملاً.

بعد هذه الحقبة الطويلة المحبطة، بدأ الكون يتزيّن أخيراً، وكحفلةٍ مسائية بدأت للتو، اشتعلت الأنوار شيئاً فشيئاً، وبدأ عصر النجوم والمجرّات. تجمّعت ذرات الهيدروجين والهيليوم رويداً رويداً، وبرقصة كونية بطيئة، كجميلة تدور وتتمايل على خشبة مسرح (برودواي)، تكوّنت الدوّامات الأولى من الغاز المتأيّن، واحتشد المزيد من الذرّات في هذه الدوّامة، وانحشرت، وتدافعت، وانضغطت مع بعضها البعض، حتى كّونت كُرات غازيّة عملاقة أصبحت تخور وتُزمجر تحت ضغط وزنها الهائل. زاد الضغط بصورة مرعبة في قلب هذه الكرة الغازيّة، مما أدى إلى اندماج نوى ذرّات الهيدروجين مع بعضها، هذه العملية أطلقت طاقة جبارة على شكل ضوء، وبذلك اشتعلت أولى النجوم.

كانت النجوم الأولى فائقة الحجم وشديدة الحرارة وقصيرة العمر. احترقت هذه النجوم بسرعة، وما لبثت أن تمزّقت بانفجارات مهولة تاركةً خلفها رماداً لتتشكل منه نجوم أخرى. كانت هذه الحفلة الكونية الصاخبة من التشكّل والانفجار وبعثرة المواد هنا وهناك، مواداً وغازات تلتف وتدور وتتجمّع لتُشكّل نجوماً،

ونجوماً تتهادى وتتمايل بغضب لتنفجر مسعورة، كل هذا جعل من الكون -لو قمنا بتسريع شريط الفيلم- يظهر وكأنه أنوار زينة أعياد الميلاد.

بعد هذه الولادات العسيرة والوفيّات الأعسر للنجوم، بدأت تتجمّع النجوم -التي وَجَدت الوقت الكافي للتجمُّع قبل أن تنفجر- في حشود هائلة نُسمّيها المجرّات، ثم بدأت هذه المجرّات تتجمّع في حشود نُسمّيها العناقيد المجريّة. لقد أصبح للكون بنية ونظام، واستمر بذلك لغاية هذه اللحظة. **الشكل 3-1** يوضّح أحداث توسّع الكون منذ الانفجار العظيم.



شكل 3-1: توسّع الانفجار العظيم للكون منذ نشأته

إن العِلْم لا يتكلّم بلغة العاطفة. لا يهمّه ما تشعر به حقاً، ولا يستخدم حروف لغة بشرية مزخرفة وبليغة، أو أصوات ترانيم تشرح الأنفس، إنه يستخدم رموزاً جامدة، ولغة كونية اسمها الرياضيات. هذه اللغة لا تُخاطب القلوب، ولا تُشعل العواطف أو تجيّش الأحقاد، فهي تخاطب العقول، إنها لغة سامية متعالية، لا يهمّها إن فهمها أحد، فهي لا تقول إلا الحقيقة، ولا تراعي مشاعر أحد في ذلك.

ولكن، حينما تحاول هذه اللغة أن تصف حدثاً جباراً بديعاً كحدث الانفجار العظيم، أو تحاول أن تسرد قصة هذا الكون خلال كل سنين حياته الطويلة، فإنها لا يُمكن لها إلا أن تلبس أجمل أثوابها، وتغنّي بأعذب ألحانها، وترقص على نغمات الجمال البديع. حتى رموزها الجامدة تتزيّن بطريقة تجعل منها تخاطب القلوب قبل العقول، وتُلهب مشاعر كل من يكترث لسماع قصة الكون.

في أحد الأيام، شاهدت برنامجاً وثائقياً عُرض على التلفاز اسمه **"رحلة إلى حافة الكون"**، تَسمّرْتُ في مكاني وأنا أشاهد هذا الفيلم، وشعرت بعنقي يتشنّج وهو مُشرئِبّ بلهفة ليُثبّت رأسي

باتجاه شاشة التلفاز، وأحسست بصعوبة أن ترمش عيناي وأنا أشاهد هذا الإبداع. كانت رحلة خلال أحداث الكون وأماكنه، وتم استخدام المؤثرات البصرية والمونتاج الضخم لرسم مناطق الكون بنجومه ومجرّاته وانفجاراته وسُدُمه وكواكبه، ولا أعلم إن كان صوت الـ(الراوي) الهادئ المنخفض العميق، أم عَظَمة الإنتاج هو من جعلني وكأني طافٍ في الفضاء أشاهد كل تلك البدائع الكونية.

كنت اشعر بالرهبة والخوف والإثارة والسعادة والضآلة في آن واحد وأنا اقفز بعينيّ خلال مشاهد هذا الفيلم حتى لم أتمالك دموعي التي سالت وأنا أتنفس بصعوبة مشدوداً لهذا الإبهار. إن الكون يسلب القلوب والعقول معاً، ولا يمكنك إلا أن تقف منبهراً أمام رهبته وعظمته، فكم هو مخطئ ذلك الإنسان الذي يظن بكل غرور إنه محور هذا الكون ونقطة ارتكازه، فالإنسان ليس المحور، وكل قصصه وأحلامه وأساطيره، هي جزء من قصة الكون الكبرى، إنه حدث عابر في أعظم القصص، وفي ذلك يكفيه تميّزاً ورفعة.

لا شيء.. وكل شيء!

"الخير لا يعني فقط عدم ارتكاب الخطأ، ولكن عدم الرغبة بارتكاب الخطأ"

ديموقريطس

قبل سنوات، وحينما كُنتُ طالباً في مرحلة البكالوريوس في كلية الهندسة، كُنتُ مُعجباً بزميلة لي، لكني لم أكن أجرؤ على التحدّث اليها. لا أعلم ما الذي يصيبني حينما أحاول أن أخاطبها. كُنتُ واثقاً بأني لابُدّ سأقوم بشيء أحمق يُنفرها مني، لذلك كُنتُ راضياً بعدم التحدّث إليها، *على الأقل سأحتفظ بكرامتي لنفسي*. ولكن، في يومٍ ما استجمعت شجاعتي، وعَقدْتُ العزم على أن أخاطبها بذريعةٍ ما، فاخترت أن أطلب منها دفتر ملاحظاتها حول أحد المواد الدراسية. تدرّبت على هذا الطلب البسيط ليلتها. كانت ليلة ماطرةً راعدة، استمر فيها المطر يطرق على زجاج النافذة حتى الفجر، وقفْتُ أمام المرآة ساعاتٍ طوال وأنا أجرّب أنواع وأشكال الابتسامات التي يُمكن أن أرسمها على وجهي دون أن أظهر كالأحمق. كما إنني جرّبت نبرات وتردّدات مختلفة من طبقات صوتي لأكتشف

أي نبرة صوتية قد تكون هادئةً ومثيرة حينما أقول لها: ***"لو سمحتِ، هل لي باستعارة دفتر ملاحظاتك؟ فقد فقدت دفتر ملاحظاتي. أعدك بأني سأنسخه وأُرجعه اليكِ غداً"***. جرّبت هذه العبارة بطرق مختلفة، كما إنني تهيأتُ للرد، فإن كان: ***"لا، أنا آسفة"***، فيمكنني أن أبتسم ابتسامة جميلة وأقول لها: ***"لا داعي للأسف، فقد أردت دفترك لأني سمعت إن خطّك جميل وكتابتك مفهومة، سأطلب من طالب آخر"***، وإن وافقت على إعطائي دفترها، فسأقول لها: ***"أشكرك، لقد أنقذتِ حياتي!"***. ولكني لم أستطع منع نفسي من التخيّل بطموح جامح إنها ستعطيني دفترها وتقول لي: ***"خذه يا حبيبي!"***. لا يوجد ضير في الأمل حتى لو كان غير منطقي.

في الصباح، ارتديت أجمل ثيابي التي يُسمح لي بها كطالب، وأغرقت نفسي في العطر الفوّاح، وتوجّهتُ بكل ثقة وعزم، ورأيتها جالسة في الحديقة المقابلة لقاعتنا الدراسية، فانتهزتُ الفرصة وتقدّمتُ نحوها بثباتٍ وأنا أرسم على وجهي ابتسامة البطل المنتصر الذي ذبح تنّيناً للتو.

كانت تقرأ نفس الدفتر الذي كنتُ أنوي استعارته منها، فرفعت رأسي للسماء لأشكرها على إتاحة هذه الفرصة الذهبية بهذه الصدفة التي تصب لصالحي وتغنيني عن كثيرٍ من الإحراج. لم انتبه إلى وجود بركةٍ من الطين الموحل في المسار الذي يقع بيني وبينها، فبينما نظرتُ إلى السماء بلمحة خاطفة لأشكرها، ولا أعلم إن كانت السماء تسخر مني، أم حظي العاثر، أم عَمَى عينيّ عن كل ما سوى هذه الفتاة الذي جعلني أخطو في قلب هذه البركة الطينية.

امتص الطين اللّين حذائي كقبلة عجوز فقدت أسنانها، وانتزعه من قدمي حينما حاولت أن ارفعها من هذا الشرك الطيني، ففقدتُ توازني وسقطتُ على وجهي في الطين أمام الفتاة وهي تراقب مذهولة. أحدثَتْ زلزلة سقوطي جَلَبة طينية جعلت قطرات الطين تتطاير في كل مكان، وكأنه انفجار طيني لزج سقط كالمطر على الفتاة ودفاترها وكل شيء في محيط دائرة الحَمَق العظيمة التي خلّفها حظي العاثر. التفتُّ بوجهي الذي أثقلته طبقات الطين تجاه الفتاة، وبعين نصف مفتوحة من غزارة الطين الذي يغطّيها، شاهدتُ

الفتاة وهي تبتعد وتُتمتم بكلمات الغضب والامتعاض، ومعها ابتعد كل أمل لي في أن أجرؤ على مخاطبتها مرة أخرى.

كنت أتمنى في وقتها لو إنني أغوص في الأرض أو أخترق الجدار المقابل لأختفي بين طيّات لَبَناته. ولكن مهلاً، هل يُمكن حدوث ذلك؟ هل يُمكنك اختراق الجدران؟

*****

قد يُمكنك تخيّل إمكانية ذلك لو عرفت إن ما يناهز نسبة **99%** منك عبارة عن فراغ! هذا يعني إن مُعظمك فارغ، بل إنك مكوّن بصورة أساسية من الفراغ، ولست انت وحدك بل كل شيء حولك.

جسمك مُكوّن من الذرّات، وفي المتوسّط، يحتوي جسمك على **7 أوكتيليون**[1] ذرّة، تتنوّع هذه الذرّات لتشمل العديد من العناصر، ففيك ذرّات الهيدروجين والأوكسجين والحديد

[1] الأوكتليون هو 10^{27} وهو يعادل مليار مليار مليار.

والكالسيوم والكبريت والمغنيسيوم وحتى الذهب، والعديد من العناصر الأخرى.

الذرّة بصيغتها المبسّطة، تتكوّن من نواة صغيرة تحتوي على بروتونات ونيوترونات، وتدور حول هذه النواة جسيمات سالبة الشحنة تُسمّى الإلكترونات، والذرّة هي عبارة عن فراغ، فنسبة **99%** من المساحة التي تشغلها في الوجود هي فراغ، فلو تخيّلت ان حجم نواة الذرّة بحجم كرة القدم، فستكون الذرّة نفسها بقطر **30** كيلومتر!

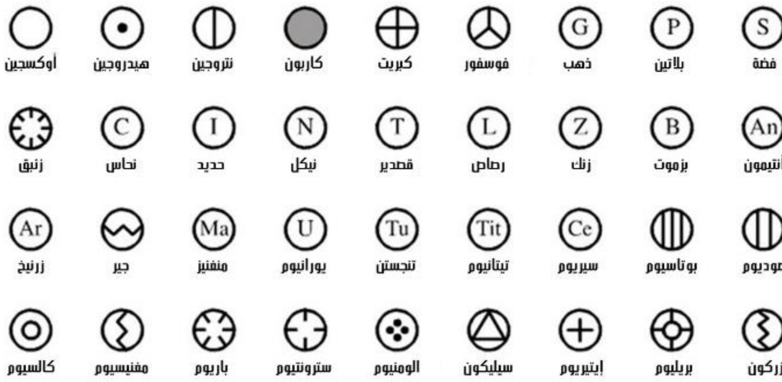
في حوالي القرن الرابع قبل الميلاد، ظهرت كلمة (**ذرّة**) لأول مرة عن طريق الفيلسوف اليوناني (**ديموقريطس**). كان (**ديموقريطس**) معروفاً بحبه للفكاهة، وأُطلق عليه اسم **"فيلسوف الضحك"**، وحصل على هذا اللقب لسخريته وقدرته على الضحك على حماقات البشر. كان (**ديموقريطس**) يُحاول أن يَصف العالم وصفاً مادياً، فاقترح إن تقسيم مادةٍ ما عدّة مرّات سينتهي إلى أن تتحول تلك المادة إلى أجزاء صغيرة لا يمكن تقسيمها أكثر، أي ان المادة تتكون من وحدات بنائية غير قابلة للانقسام، سمّى هذه

الوحدة البنائية **"ذرّة Atom"** ومعناها باليونانية **"غير القابلة للانقسام"**.

طبقاً لفلسفة (**ديموقريطس**) فإن الذرّات ليست المكوّن الأساسي للمواد فقط، ولكنها تُكوّن أيضاً خصائص النفس الإنسانية. فعلى سبيل المثال، فإن الآلام تُسبّبها **"الذرّات الشريرة"** وذلك لأن هذه الذرّات تكون على شكل "إبر"، بينما – مثلاً – يتكوّن اللون الفاتح من الذرّات المسطّحة ذات الملمس الناعم. كانت أفكار (**ديموقريطس**) قائمة على أسس استقرائية وفلسفية ولم تقم على أساس ملاحظة الطبيعة أو القياس أو الاختبارات أو التجارب.

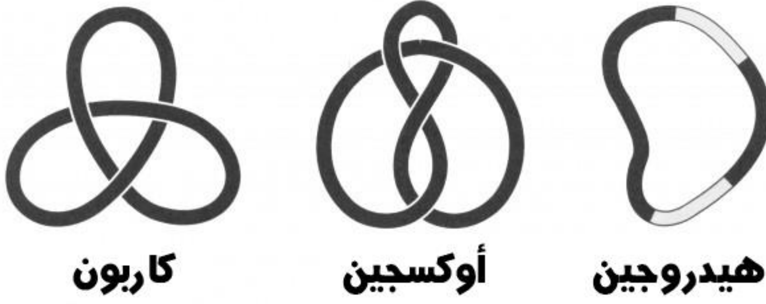
كان هذا النموذج الإغريقي هو السائد عن المكونات الأساسية للمواد حتى مر زمن طويل قبل أن توضع مساهمات حقيقية فوق هذه الأسس. في عام **1803**م بدأ الكيميائي الإنجليزي (**جون دالتون**) في وضع تعريف علمي أكثر دقةً للذرّة، وقد استفاد من أفكار الإغريق القدماء في وصف الذرّات كجسيمات كرويّة صغيرة صلبة غير قابلة للتجزئة، وإن ذرّات العنصر الواحد تتطابق

مع بعضها البعض. النقطة الأخيرة مع ذلك هي أكثر الفرضيات التي لا تزال صحيحةً إلى حدٍ كبير. توصّل (**دالتون**) كذلك إلى عدّة نظريات حول كيفية ارتباط الذرّات ببعضها لتكوين المركّبات، كما نجح في وضع أول مجموعة من الرموز الكيميائية للعناصر المعروفة وقتها. **شكل 4-1.**



شكل 4-1: جدول العناصر لجون دالتون

كان تفسير (**دالتون**) للنظرية الذرّية بمثابة بداية لمن جاء بعده، لكنه حينها لم يخبرنا بالكثير عن طبيعة الذرّات نفسها. فيما بعد، كانت هناك بعض المحاولات لتحديد ما يُمكن أن تبدو عليه الذرّات، مثل اقتراح (**اللورد كلفن**) بأنها تمتلك هيكلاً شبيهاً بالدوّامة، أو كتلة من الأشكال الدائرية الملتفة حول بعضها، **شكل 4-2.**



شكل 4-2: اقتراح اللورد كلفن لأشكال بعض الذرات.

وأخيراً، جاءت أول انفراجة في أواخر القرن التاسع عشر حين اكتشف الفيزيائي الإنجليزي (**جوزيف تومسون**) إن الذرّة في الواقع لم تكن غير قابلة للتجزئة كما كانت الفكرة السائدة. قام (**تومسون**) بإجراء تجارب باستخدام أشعة الكاثود[2] المُنتَجة في أنبوب تفريغ، ووجد أن تلك الأشعة جُذِبَت من قبل ألواح معدنية مشحونة بشحنات موجبة، ولكنها تنافرت مع الألواح الأخرى المشحونة بشحنات سالبة. ومن هذا استنتج أن الأشعة لابد وأن تكون مشحونةً بشحنة سالبة، ثم من خلال قياس الشحنة على الجسيمات الموجودة بالأشعة، تمكّن من استنتاج أنها كانت أخف وزناً من ذرّة الهيدروجين بمقدار **2000** مرة، وعن طريق تغيير معدن

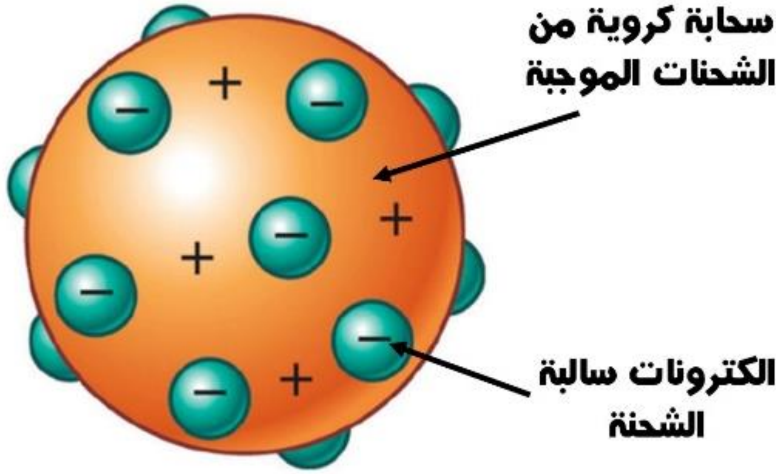
---

[2] هي تيار الإلكترونات المتجه نحو القطب الموجب في الخلية الكهربائية. والكاثود هو القطب السالب للخلية الكهربائية.

الكاثود عَلِمَ أن هذه الجسيمات موجودة في العديد من أنواع الذرّات. وبذلك اكتشف الإلكترون، على الرغم من أنه أشار إليه باعتباره (كُريّة)، وأظهر أن الذرّات ليست قابلة للتجزئة، ولكنها مكوّنة من أجزاء أصغر. فاز هذا الاكتشاف بجائزة نوبل للفيزياء لعام **1906م**. إن كلمة (**إلكترون Electron**) هي كلمة مشتقّة من الكلمة الإنكليزية **Electric** للإشارة إلى انه مصدر الكهرباء، وأُضيفت إليها اللاحقة **"ون on"** والتي استُخدمت بعد ذلك للإشارة إلى الجسيمات دون الذرية مثل البروتون والنيوترون.

في عام **1904م**، قدّم (**تومسون**) نموذجه للذرّة على أساس النتائج التي توصّل إليها، والذي يُعرف بـ **"نموذج حلوى الخوخ"**. يُصوِّر هذا النموذج نواة الذرّة كجسيم كروي موجب الشحنة، مع وجود إلكترونات كثيرة حوله، حيث يتم تخيّل الذرّة كإلكترونات محاطة بحساء من الشحنات الموجبة مثل نواة الخوخ المحاطة بالخوخ نفسه، **شكل 4-3**. بدأ العلماء حينها في الغوص داخل أعماق الذرّة، ولكن نموذج (**تومسون**) لم يبقَ لفترةٍ طويلة بفضل أحد

تلاميذه الذي جعل اسمه هو الآخر مخلّداً في التاريخ بفضل اكتشافاته.



شكل 4-3: نموذج حلوى الخوخ لتومسون

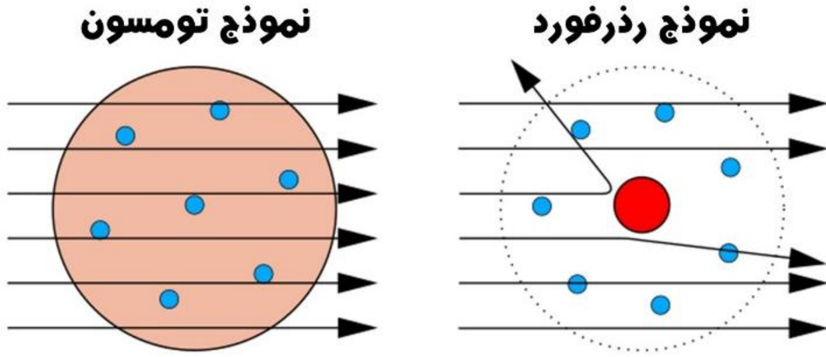
كان هذا التلميذ هو العالم الشهير (**إرنست رذرفورد**) والذي كان فيزيائياً من نيوزيلندا، درس في جامعة (**كامبريدج**) على يد (**تومسون**). أجرى (**رذرفورد**) تجربةً للبحث في البنية الذرية ودراسة نموذج استاذه (**تومسون**) والتي تضمّنت إطلاق جسيمات ألفا[3] المشحونة بشحنة موجبة في ورقة رقيقة من رقائق الذهب. كانت جسيمات ألفا صغيرةً جداً للدرجة التي تُمكّنها من أن تمر

---

[3] هي نواة ذرة الهيليوم والتي تتكون من بروتونين ونيوترونين.

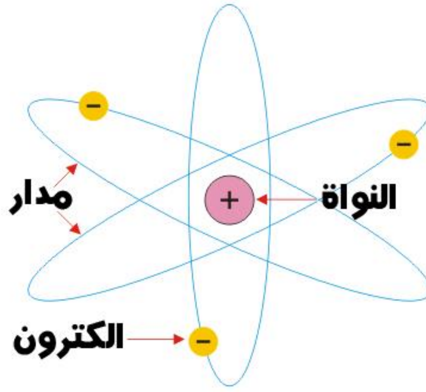
عبر رقائق الذهب، ووفقاً لنموذج (**تومسون**) الذرّي؛ والذي أظهر أن الشحنة الموجبة منتشرة على الذرّة بأكملها، ينبغي إذن أن تمر جسيمات ألفا خلال الذرّة بأكملها مع القليل من الانحراف عن المسار أو بالأحرى عدم حدوث انحراف مطلقاً. كان يأمل من خلال هذه التجربة تأكيد نموذج (**تومسون**)، لكن انتهى به المطاف لعكس ذلك تماماً.

خلال التجربة، مرّت معظم جسيمات ألفا عبر رقاقة الذهب بمقدار ضئيل من الانحراف أو بدون انحراف. ولكن، كان هناك عددٌ صغيرٌ جداً من الجسيمات انحرفت عن مساراتها الأصلية بزوايا كبيرة جداً كأنها اصطدمت بشيء صلب جعلها ترتد، **شكل 4-4**. كان هذا غير متوقع أبداً، كما لاحظ (**رذرفورد**) نفسه، وكان التفسير الوحيد الممكن هو إن الشحنة الموجبة لا تنتشر في جميع أنحاء الذرّة، ولكنها تتركّز في مركز صغير وكثيف، وهو ما أسماه **"النواة"**، ومُعظم بقية الذرة ببساطة مجرد مساحة فارغة.



شكل 4-4: على اليمين ما حدث بعد تجربة رذرفورد، وعلى اليسار ما كان مُتوقع أن يحدث.

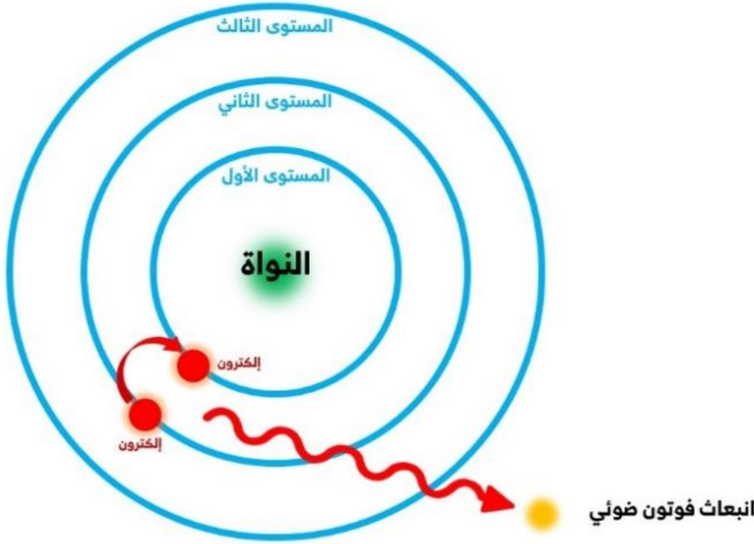
أوضح اكتشاف (**رذرفورد**) للنواة أنَّ النموذج الذرّي يحتاج إلى إعادة تفكير، واقترح نموذجاً تدور فيه الإلكترونات السالبة حول النواة موجبة الشحنة، وقال بأن الذرّة ليست عبارة عن كرات صغيرة، بل هي عبارة عن نظام يُشبه النظام الشمسي، حيث يحتوي على نواة مركزية تدور حولها الإلكترونات في مدارات شبيهه بمدارات الكواكب، **شكل 4-5**.



شكل 4-5: نموذج رذرفورد الذري

بعد (**رذرفورد**)، جاء (**نيلز بور**)، الفيزيائي الدنماركي، واضعاً نموذجه الذي سُمّيَ باسمه، والذي يؤكد على إن مدارات الإلكترونات ليست مثل مدارات الكواكب، بل هي مستويات من الطاقة يتواجد فيها الإلكترون بحسب طاقته الكامنة، ولا يُمكن العثور على الإلكترون إلا في مستويات الطاقة تلك، حيث يقفز من مستوى مداري إلى مستوى مداري آخر، فالإلكترون ليس "كرة" تدور حول نواة بمدار مستقر وثابت بسبب جاذبية تلك النواة، كما يحدث في النظام الشمسي، بل هو عبارة عن غيمة أو دوّامة من الطاقة، تنتقل إلى مستويات مدارية محددة حول النواة، فإن انتقل إلى مستوى أعلى فإنه يكتسب طاقة، وإن انتقل لمستوى أدنى فإنه يطلق طاقة، على شكل فوتونات ضوئية. أما النواة فهي عبارة عن جزء

مركزي صغير جداً موجب الشحنة يقبع في مركز الذرّة ويتكوّن من البروتونات والنيوترونات. **شكل 4-6**.



شكل 4-6: نموذج بور للذرة

ولكن نموذج (**بور**) رغم إنه أفضل وأكثر دقّة من نموذج (**رذرفورد**) إلا إنه اصطدم بالنظرة الجديدة لفيزياء الجسيمات دون الذرّية، أو ما يُعرف بـ "**نظرية المجال الكمّي**"، أو قد تعرفها باسم "**ميكانيكا الكم**"، وخرق أحد مبادئ هذه النظرية، وهو المبدأ الغريب الشهير، "**مبدأ عدم اليقين**"، للعالِم الألماني (**فيرنر هايزنبيرغ**).

تخيّل إن لك صديقاً تثق به ويتحمّل أفكارك الاستثنائية، فتطلب منه أن يخرج ليعترض مسار كرة قدم متحرّكة بسرعة، ويركلها بقوة، ثم يعود إليك ليخبرك بمقدار سرعتها وموقعها في لحظة الركل، وعلى فرض إنه لم يركلك أولاً امتعاضاً من هذا الطلب الغريب، فسيأتي إليك ليخبرك بموقع الكرة وأين اعترض طريقها بالضبط، وبما إنه عاد اليك بسرعة شديدة، فإن موقعها لم يتحرك كثيراً خلال فترة عودته، لذا فسيكون موقعها هو نفسه تقريباً في لحظة إخبارك به، ولكنه لن يستطيع أن يخبرك بسرعتها التي تغيّرت كثيراً بتأثير الركلة. أُطلبْ منه الآن أن يذهب مرة أخرى ليعترض مسار نفس الكرة ولكن ليذهب ببطء ويلمس الكرة لمساً خفيفاً ثم يعود اليك ماشياً برويّة. حينما يعود، سيكون بإمكانه أن يخبرك بسرعة الكرة، حيث إنها لم تتغير لأن ركلته كانت خفيفة جداً بحيث إنها لم تغيّر من قيمة السرعة الكليّة، ولكن لن تعرف موقع الكرة بدقّة، فقد سافرت الكرة مسافة كبيرة حينما وصل اليك صديقك البطيء ليخبرك أين كان مكانها قبل ساعة! يُمكنك حينها أن تقول إنه لا يمكنك معرفة كلٌ من سرعة وموقع الكرة مهما

حاولتَ، فمعرفتك لأحدهما تعني جهلك بالآخر، وهذا هو عدم اليقين.

(**فيرنر هايزنبيرغ**) الذي كان يعمل في معهد (**نيلز بور**) في كوبنهاغن، طوّر هذا المبدأ الذي يقول: إنك لا يمكنك أن تحدّد سرعة وموقع أي جسيم في ذات الوقت، فإما أن تحدّد سرعته ويبقى موقعه مجهولاً بالنسبة لك، أو أن تحدّد موقعه لكنك لا تعرف في أي اتجاه وأي سرعة ينطلق بها. فحينما نريد أن ننظر إلى إلكترون ما، وعملية النظر تعني قذف الإلكترون بفوتون والذي هو الجسيم الأساسي للضوء، فنحن سنعرف موقعه ولكن لن نستطيع قياس سرعته، لان الفوتون سيصدمه بقوة ويغيّر من سرعته، حيث إن الفوتون يسافر بسرعة الضوء، تلك السرعة الهائلة التي تجعله يرتد الينا بسرعة قبل أن يتحرك الإلكترون مسافةً تُذكر، ولكن هذه السرعة الشديدة ستجعله يصدم الإلكترون ليعطيه زخماً يجعله يغيّر من سرعته. وإن أردنا معرفة سرعته فسيتعين علينا إبطاء هذا الفوتون كثيراً لكي نستطيع أن نقيس سرعة الإلكترون بدون صدمه بشدة، ولكننا بذلك سنفقد إمكانية معرفة موضع الإلكترون لأن الفوتون سيكون

ضعيفاً لدرجة إنه حينما يرتد الينا فسيكون الإلكترون قد سافر إلى موقع آخر.

هذا المبدأ جعل من مسألة تحديد طاقة الإلكترون في مستويات المدارات حول الذرّة مسألة غير دقيقة، بمعنى إننا نعرف إن إلكتروناً ما يدور حول الذرّة، ولكننا لا يمكننا تحديد مستوى طاقته دون أن نضحّي بموقعه، ولا يمكننا تحديد موقعه دون أن نتغاضى عن قيمة طاقته التي تجعله يسمو أو ينحدر إلى مستوى مدارٍ ما.

لفترة معينة، اعتقد كثير من علماء الفيزياء إن البروتونات والنيوترونات والإلكترونات هي الذرّات (الإغريقية)، غير أنه في العام **1968**م، وفي مركز المسرّع الخطّي في (**ستانفورد**)، وجد العلماء إن البروتونات والنيوترونات تتكون من ثلاث جسيمات أصغر تُسمّى **"الكواركات Quarks"**، وهو اسم غريب اقتبسه عالِم الفيزياء النظرية (**موراي جيل مان**) من مقطع في رواية الكاتب الإيرلندي (**جيمس جويس**) والتي تحمل عنوان **"السهر بجانب جثمان فينيغان"**:

“Three quarks for Muster Mark

Sure, he has not got much of a bark

And sure, any he has it's all beside the mark.”

أمّا في اللغة العربية، فيُدعى الكوارك بـ **"الرُكين"** وهي من كلمة رُكن، كناية عن كونه أحد الجسيمات الأساسية التي يرتكن إليها بناء الجسيمات الأكبر منه كالبروتون.

اثبت العلماء أيضاً أن الكواركات نفسها تجيء على نوعين – أو نكهتين – أطلقوا عليهما تسميتي **"أعلى"** و **"أسفل"**، حيث يتكوّن البروتون من كواركين اثنين من النوع **"أعلى"** وكوارك واحد من النوع **"أسفل"**، بينما يتكوّن النيوترون من كواركين **"أسفل"** وكوارك واحد **"أعلى"**.

يبدو أن كل ما نشاهده في عالمنا الأرضي والسماوي مصنوع من اتحاد الإلكترونات والكواركات العليا والكواركات السفلى. ولكن، في بداية الثلاثينيات من القرن العشرين، تنبأ (**وولفغانغ باولي**) بوجود جسيمة أساسية رابعة، وفي منتصف الخمسينيات من القرن العشرين، اكتشف كل من (**فريدريك راينز**) و (**كلايد**

كوان)، أدلّة تجريبية حاسمة على وجود هذه الجسيمة الأساسية الرابعة والتي أطلقا عليها تسمية "**نيوترينو**".

أثبت النيوترينو بأنه جُسيمة شبح، من الصعب الكشف عنها لأنها من النادر أن تتداخل أو تتفاعل مع المواد الأخرى. فمثلاً، تستطيع جسيمة نيوترينو أن تعبر خلال جدار مصنوع من الرصاص سمكه يعادل المسافة بين الأرض والشمس من دون أن تتأثر حركتها ولو بصورة ضئيلة جداً!

يمكنك أن تشعر بالراحة الآن إن قلت لك بأنك وخلال قراءتك لهذه السطور فإن هناك بلايين من جُسيمات النيوترينو تعبر جسدك الآن وكأنه فراغ، وتعبر كوكب الأرض كذلك، تلك النيوترينووات انطلقت من الشمس كجزء من رحلتها المتفرّدة خلال الكون.

في نهاية الثلاثينيات من القرن العشرين، اكتشف علماء الفيزياء أثناء دراستهم للأشعة الكونية، جُسيمة خامسة، وهي "**الميون**". وهي جسيمة مثل الإلكترون ولكنها أثقل منه بمائتي مرة!

واصل العلماء تحطيم المادة وتفتيتها إلى قطع أصغر وأصغر، وكانوا يبحثون في الشظايا عن مكونّات أساسية من المادة، واكتشفوا العديد من الجسيمات الأخرى، ومنها أربع كواركات أخرى، **"الفاتن"**، و **"الغريب"**، و**"القاع"**، و **"القمّة"**، وكذلك قريب آخر للإلكترون لكنه أثقل منه، تمت تسميته **"تاو"**، وكذلك جُسيمتان أخريان لهما خواص تُشابه النيوترينو أُطلق عليهما **"ميون نيوترينو"** و **"تاو نيوترينو"**، للتفرقة بينهما وبين النيوترينو الأصلي الذي أصبحت تسميته **"إلكترون نيوترينو"!** سُمّيَت مجموعة هذه الجسيمات بـ **"الفرميونات"**، وتم تقسيمها إلى ثلاث مجموعات فرعية، أو "عائلات". **شكل 4-7.**

النموذج القياسي للجسيمات الأولية

العائلة الأولى		العائلة الثانية		العائلة الثالثة	
كوارك أعلى u الشحنة:2/3 الدوران:1/2	كوارك أسفل d الشحنة:-1/3 الدوران:1/2	كوارك ساحر c الشحنة:2/3 الدوران:1/2	كوارك غريب s الشحنة:-1/3 الدوران:1/2	كوارك قمة t الشحنة:2/3 الدوران:1/2	كوارك قاع b الشحنة:-1/3 الدوران:1/2
إلكترون e الشحنة:-1 الدوران:1/2	نيوترينو إلكترون V_e الشحنة:0 الدوران:1/2	ميون μ الشحنة:-1 الدوران:1/2	نيوترينو ميون V_μ الشحنة:0 الدوران:1/2	تاو τ الشحنة:-1 الدوران:1/2	نيوترينو تاو V_τ الشحنة:0 الدوران:1/2

شكل 4-7: النموذج القياسي

يُدعى هذا النموذج الفيزيائي بـ **"النموذج القياسي"**، وبنظرة خاطفة على الشكل أعلاه، قد يتبادر إلى ذهنك نفس السؤال الذي تبادر إلى أذهان العلماء:

لماذا يوجد كل هذا العدد الكبير من الجسيمات الأولية؟!

يبدو إن الغالبية العظمى من الأشياء في الكون والعالم من حولنا لا تحتاج إلا إلى الإلكترونات والكواركات العليا والكواركات السفلى، لماذا إذن توجد ثلاث عائلات من الجسيمات المُكتشفة لغاية الآن؟ ولماذا تمتلك هذه الجسيمات كتلة مختلفة عشوائية؟ لماذا -مثلاً- وزن الجسيمة **"تاو"** أثقل بحوالي **3520** مرة من الإلكترون؟ ولماذا تكون كواركات القمة أثقل بـ **40200** مرة من الكواركات العليا؟

هل حدث ذلك بالصدفة؟ أم باختيار إلهي؟ أم هناك تفسير علمي شامل لهذه السمات الأساسية للكون؟

حينما تغوص في العالم دون الذرّي، العالم الذي تكون فيه الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات وغيرها هي بطلة الحكاية، فستشاهد الغرائب والعجائب التي ربما سمعت عنها في حكايات

ألف ليلة وليلة أو في أفلام عالم (**مارفل**) أو عالم (**DC**). ففي الحقيقة، هناك في أعماق الذرة، ستجد فعلاً أبطالاً خارقين، أجسادهم اقوى من سوبرمان، وحركتهم أسرع من (**فلاش**[4])، يظهرون من العدم ويختفون فيه كـ (**نايت كرولر**[5])، ويمكنهم أن يتواجدوا في كل مكان في نفس اللحظة كـ (**البروفيسور أكس**). هذه الغرابة والقدرات الخارقة تختفي كلما كَبُر الحجم، حتى تصل إلى حجم الأشياء التي نراها بالعين المجردة، وهنا تدخل الفيزياء في العالم الطبيعي الذي نحن معتادين عليه، وتتحول إلى النظام الطبيعي اليومي الذي نختبر به عالمنا ونشعر به.

لم يحدث أن سمعنا بشخص قد غاص في جدارٍ ما وظهر من الناحية الأخرى لذلك الجدار، رغم إن تلك كانت أُمنيتي الشخصية في ذلك الموقف المحرج حيث جعلت من نفسي أُضحوكة أمام فتاة أحلامي، ولكن لم ولن يحدث ذلك، ولم يحدث أيضاً أن اختفى

---

[4] شخصية رئيسية من شخصيات عالم دي سي، يمتلك سرعة خارقة متضمنة الجري والحركة والتفكير السريع واستخدام ردود الفعل فوق الإنسانية.

[5] هو أحد أعضاء فريق (الرجال الغامضين X-men) ويمتاز بقدرته على الانتقال الآني والاختفاء والظهور بصورة لحظية.

شخص من مكان ليظهر فجأة في مكانٍ آخر. ورغم إن الدين يؤكّد على إمكانية حدوث هذه الأمور، بل وقد يعطي إيحاءً بأنها أمور روتينية تحدث بصورة متكررة وليست خارقة للعادة البتّة، إلا أن قوانين الفيزياء صارمة بشدة، ولا تحابي احداً أو تجامله لتسمح له بأن يخترقها لأجل إرضاء شريحة من البشر وجعلهم يؤمنون بفكرة معينة. ولكن قد يكون هذا ضرورياً!

إننا حشد ذرّات واعٍ، تحكمنا قوى فيزيائية لا نفهم معظمها، ولكنها تحكمنا وتُجيد هذا الدور بدقّة، تُمسكنا بإحكام وتمنعنا من التناثر أو التبعثر في هذا الفضاء الفسيح، ولكن هذا الحشد الذرّي الذي نُسمّيه **"الكائن العاقل"**، يحتاج إلى أكثر من مجرد قوانين وقوى فيزيائية ليتماسك، إنه يحتاج إلى عقل، إلى عاطفة، إلى شيء أكبر منه يؤمن به ويجعل لوجوده قيمة وغرضاً.

هناك مقولة سمعتها من أحد الأدباء تقول ***"الله هو أجمل فكرةٍ خلقها الإنسان، والإنسان هو أجمل فكرةٍ خلقها الله"***. فالإنسان ليس مجرّد مجموعة ذرّات، إنه فكرة، ويا لها من فكرة رائعة!

حينما تُفكّر في وجودك، وتتأمل جيداً في هذا الكيان الذي تُطلق عليه اسمك، ستعرف بأنك مميز جداً، ليس بالطريقة التي تقولها لك الأساطير، أو بالطريقة التي تجعل من وجودك في مركز الكون هي العامل الأساسي لجعلك مميزاً، بل إنك مميّز بذاتك. فشغلك لذلك الحيّز من الفراغ لا يزاحمك فيه أحد، وهذا ما لا يحدث على المستوى الذري ودون الذرّي، فالتزاحم والاستبدال موجود في ذلك العالم الأصغر، وتخيل أن يأتي شخص ما ليستبدل وجودك ويشغل الحيّز الذي تشغله أنت، هذا لا يحدث في العالم الكبير، فالكون والفضاء والوجود برمّته لك وحدك، تشغله كما تشاء وكيفما تشاء.

لو قَبّلت أحدهم، فإنك في الحقيقة لم تلمسه ابداً. لم تتلامس ذرّات شفاهك مع ذرّات خدّ الذي قبّلته، فما أحسست به هو مجرد قوى التنافر بين الإلكترونات في الذرات الخارجية لشفاهك والإلكترونات في الذرات الخارجية لخد المقابل، هذه القوّة المغناطيسية التنافرية هي ما يجعلك تشعر بالسعادة حينما تلمس عزيزاً، أو بالحنان حينما يقبّلك والديك، هي قوّة العالم الذرّي وجنونه، أحلامه وطموحاته، والذي زاد من جنونه علماء مجانين

بأبحاثهم التي كانت تهدف إلى محاولة فهم هذا العالم الساحر الغريب، والتي أدّت إلى انبثاق علم فيزياء الكم. ذلك العلم الذي كان غريباً بشدة جعلت آينشتاين نفسه -الذي يُعتبَر أحد مؤسسي هذا الفرع من الفيزياء- يرفض هذا الجنون المطبق رفضاً قاطعاً، قائلاً عبارته الشهيرة "***الله لا يلعب بالنرد***".

الله لا يلعب بالنرد

"الدين هو ثقافة الإيمان، والعلم هو ثقافة التشكيك"

ريتشارد فاينمان

تطلّع (**خالد**) إلى ساعته بصبرٍ نافذ، وهو يستمع لشخير (**حسام**) الذي أرخى رأسه على مقعد الراكب المجاور للسائق. كانت الساعة الثانية عشر ليلاً، وقد زَفَر (**خالد**) بتململ وهو يلعن الساعة التي رَضي فيها بقبول هذه المَهمّة. كانت سيارتهم مركونة على جانب الطريق أمام المنزل الكبير الذي يحتوي على بابين أماميين. كان الليل صافياً مُفعماً برنين الصراصير الذي يشوّش عليه شخير (**حسام**) ويجعل من مَهمّة المراقبة تلك أصعب مما يجب أن تكون عليه. نظَر (**خالد**) إلى (**حسام**) وهو يُفكّر إن شخيره ليس بذلك السوء الذي يظهر به، وعزّى نفسه بإنه ممكن أن يحتمل هذا الملل والإزعاج إن أفضى إلى القبض على هذا المحتال الماكر الذي يسكن في ذلك البيت الكبير الذي يراقبانه. أتعبتهم كثيراً محاولات تَقفّي أثر المحتال، فمُنذ سنين وهما يحاولان القبض عليه أو على

الأقل معرفة طرقه الاحتيالية وفهم أسراره. ورغم إن (**حسام**) قضى أغلب هذه السنين نائماً! إلا إن عزمهما لم يلين، وها هما الآن أمام لحظة مفصلية لانتظار خروج المحتال أخيراً والقبض عليه.

اعتدل (**خالد**) في جلسته على مقعد السائق، وأرجع مسند المقعد قليلاً إلى الوراء، ورمى بكامل ظهره عليه، وأرخى جفنيه قليلاً ليبرز بؤبؤ عينيه من شقٍّ ضيق وهو يتابع بنظرة ساهية ذينك البابين، يُمنّي النفس بأن يخرج ذلك المحتال أخيراً وتنتهي هذه المراقبة البغيضة.

كان النعاس قد بدأ يتسلّل إلى عينيّ (**خالد**) حينما فُتح أحد البابين فجأة، ليبرز المحتال منه. انتفض (**خالد**) بحركة لا إرادية كمن كان نائماً وشعر بأنه يسقط، وهزّ كتف (**حسام**) بقوة ليوقظه. فتح (**حسام**) عينيه مذهولاً وقد اعتدل في جلسته وضيّق عينيه الّلتان لا زالتا غشاوة النوم عليهما لكي يستطيع تمييز شكل المحتال. كان المراقبيَن الفرحيَن يتهيآن للنزول من السيارة والانقضاض على المحتال، حينما استدارت رؤوسهما على صوت فتح باب المنزل الثاني، الذي كان على يمين الباب الأول، ليشاهدا بذهول وشرود،

خروج نفس المحتال منه! نظر المراقبان أحدهما إلى الآخر بتعجّب، وعادا لينظرا باتجاه الباب الأول فرأياه مُغلقاً وصرير الصراصير يزيد من الأمر إرباكاً. زادت دهشتهما بشكل جعل (**خالد**) يضع يده على كتف (**حسام**) لا إرادياً وكأنه يقول له "***أخبرني إنني لا أحلم***". عاد المراقبان ينظران باتجاه الباب الثاني فوجداه مغلقاً أيضاً ولم يخرج منه أحد أصلاً. لم ينطق أي منهما بحرف وفتحا باب السيارة ليترجّلا لعلّ هواء الليل المنعش يشحذ منطقهما الذي أصابته ضربة قاصمة بهذا الحدث الغريب. وما إن وضعا قدميهما على الأرض حتى شاهدا إن البابين مفتوحان بنفس الوقت والمحتال قد خرج من البابين بنفس الوقت. لم يتمالك (**خالد**) و (**حسام**) نفسيهما وأطلقا ساقيهما للريح وهما يتساءلان: ***هل نحن مجنونان؟***

*****

قد تتساءل إن كانت هذه القصة حقيقية، وربما كانت تبدو أحد قصص الرعب أو قصص الخيال العلمي. هذه القصة ليست حقيقية، وأشخاصها ليسوا حقيقيين، ولكن هذا هو ما حدث

بالضبط للعديد من العلماء والفيزيائيين وقد تم الاعتراف بهذا الموقف بأنه حقيقة منطقية وواقعية!

كان أول المجانين -العباقرة بالطبع- هو الفيزيائي والطبيب والعلّامة البريطاني (**توماس يونغ**)، والذي كان مُولعاً بعلم المصريّات واللغة الهيروغليفية، واشتهر بسبب إسهامه في فك رموز اللغة الهيروغليفية، خاصةً محاولاته في فك رموز **حجر رشيد**[1] عام **1814**م قبل أن يأتي الفرنسي (**شامبليون**) ويوسّع أبحاثه ويفك رموز اللغة.

في عام **1801**م، قام (**يونغ**) بتجربة شهيرة، تُسمّى الآن **"تجربة شَقّيّ يونغ"** قام فيها بإثبات إن للفوتون الضوئي طبيعة مزدوجة، فهو يتصرف أحياناً كجسيم، وأحياناً أخرى كموجة. استُخدمت هذه التجربة بعد ذلك لإثبات إن هذه الازدواجية لا

---

[1] هو لوح من حجر الغرانيت البركاني منقوش عليه مرسوم صادر في 196 قبل الميلاد نيابة عن الملك (بطليموس الخامس). يظهر المرسوم في ثلاثة نصوص، النص العلوي هو اللغة الهيروغليفية المصرية، والجزء الأوسط مكتوب بالهيراطيقية، وهي لغة هيروغليفية بحروف ورموز مبسّطة، والجزء الأدنى اليونانية القديمة. لأنه يقدم أساسا نفس النص في جميع النصوص الثلاثة، الحجر يعطي مفتاح الفهم الحديث للهيروغليفية المصرية.

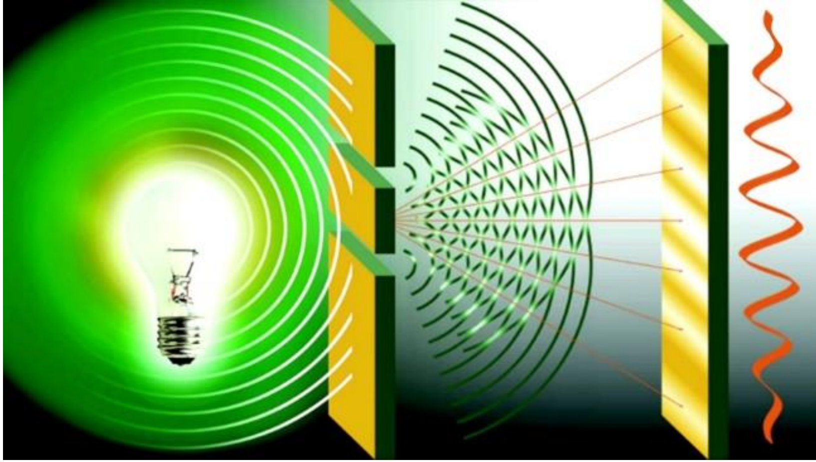
يختص بها الضوء وحده، بل تمتاز بها كل الجسيمات دون الذرّية، كالإلكترونات والبروتونات وغيرها.

في هذه التجربة تم وضع حاجز فيه شقّين طوليين، ووُضِع خلف الحاجز شاشة رصد، ليست كالشاشة الموجودة في رواية (**جورج أورويل**[2]) بالطبع! وتم تسليط الضوء على هذا الحاجز. منطقياً وبالتأكيد يمكنك أن تتخيّل إن الضوء قد اجتاز الحاجز من الشقّين واصطدم بالشاشة الواقعة خلف الحاجز مكوّناً خطوطاً مضيئة ومعتمة، هذا ما أثبت في حقيقة الأمر طبيعة الضوء الموجيّة، حيث إنك لو استبدلت الضوء بالماء وجعلت الماء يمر من الشقّين فستتكون موجتان مركزهما الشقّان، وستبتعدان عن الشقّين حتى تضربان الشاشة، وبما إن الموجتين ستتقاطعان مع بعضهما كُلّما ابتعدتا عن مركزيهما، فستحدث هناك مناطق تتعاظم فيها الموجة، أي تلتقي قمّة موجة بقمّة الموجة الأخرى أو قعر موجة بقعر الأخرى، وهذا سيُنتج **"اتحاد بنّاء"**، وهناك مناطق ستلغي الموجتان

---

[2] هي الرواية الشهيرة التي تحمل عنوان "1984"، والتي نشرها (جورج أورويل) عام 1949، وفيها يحكي عن نظام دكتاتوري شمولي مستبد وكيف ستكون عليه حياة المواطنين في ظل هذا النظام في الثمانينات.

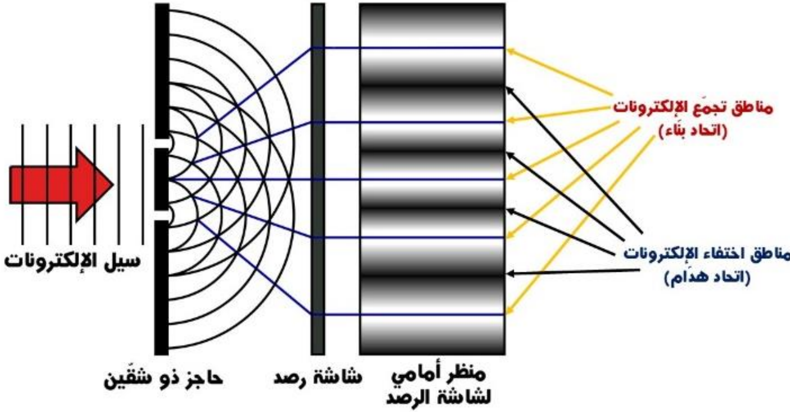
احداهما الأخرى حيث ستلتقي قمّة موجة مع قعر الأخرى حيث سينتُج **"اتحاد هدّام"**، وبما إن للضوء خاصية موجيّة، فعند شاشة الرصد ستلتقي قمم موجة قادمة من أحد الشقّين مع قمم الموجة الأخرى أو قعر بقعر لتنتُج الخطوط المضيئة **"اتحاد بنّاء"** وكذلك ستلتقي قمم موجة مع قعور الموجة الأخرى لتنتج الخطوط المظلمة **"اتحاد هدّام"، الشكل 5-1.**



شكل 5-1: تجربة شقّي يونغ وتظهر فيها الخطوط المضيئة والمعتمة التي كونتها حزمتي الضوء على شاشة الرصد.

هذه التجربة أثبتت إن للفوتونات الضوئية طبيعة موجيّة، وكما تتصرف الموجات تتصرف الفوتونات. تم تطبيق هذه التجربة على الإلكترونات، وهنا ظهرت الأعاجيب.

تم تسليط سيل من الإلكترونات على الحاجز حيث مرّت الإلكترونات من خلال الشقّين وكوّنت خطوط اتحاد بنّاء –مناطق تجمّعت فيها الإلكترونات بكثرة– وخطوط اختفاء أو اتحاد هدّام –مناطق اختفت منها الإلكترونات– على شاشة الرصد، وبذلك فإن الإلكترونات قد تصرّفت تصرّفاً موجيّاً، **الشكل 5-2**.



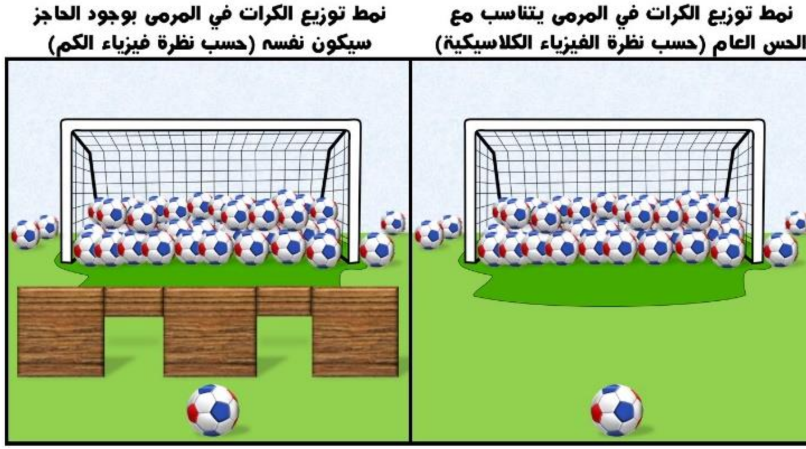
شكل 5-2: تجربة شقّي يونغ باستخدام الإلكترونات

نأتي الآن إلى الإثارة، ماذا لو أطلقنا إلكتروناً واحداً فقط في المرة الواحدة؟ بالتأكيد فإن النموذج الفيزيائي الكلاسيكي يقول بأن هذا الإلكترون سيمر من أحد الشقّين ويسقط على شاشة الرصد في مكانٍ مقابلٍ للشقّ الذي مرَّ منه وكذلك الإلكترون الذي يليه وهكذا، بحيث ستكون في المحصّلة منطقتين فقط على شاشة

الرصد تتجمع فيها الإلكترونات مباشرةً أمام الشقين، ولكن ليس هذا ما حدث!

تخيّل معي إنك تقوم بتسديد كرات قدم على مرمى، ولنفرض إن لديك **100** كرة، ففي النهاية وبعد أن تكون قد تعبت، وحذاؤك قد تمزّق من كثرة الركل، فستجد أن الـ **100** كرة موزّعة على كل مساحة المرمى بل قد ملأت المرمى ولم يبقَ شبر من المرمى إلا وفيه كرة، وبعض الكرات قد استقرت خارج المرمى.

ماذا إن وضعت أمام المرمى جدار خشبي فيه فتحتان يُسرى ويُمنى، والفتحتان أكبر من الكرة بقليل بحيث لا تسمح إلا بمرور كرة واحدة وفي اتجاه محدد؟ يمكنك أن تقول وبحسب النموذج الفيزيائي التقليدي إنه في النهاية ستتجمّع الكرات التي نجحت بالنفاد من الفتحتين في منطقتين مُحددتين أمام الفتحتين وباقي المرمى سيكون فارغاً. هذا ما يفرضه الحس العام. ولكن ماذا إن قلتُ لك: كلا، أنت مخطئ، فستتجمّع كُل الكرات الـ **100** في كُل أنحاء المرمى كما في الحالة الاولى كما لو إن الحاجز الذي وضعته لم يكن موجوداً؟! **شكل 5-3.**



شكل 5-3: نمط توزيع الكرات حسب تجربة شقّي يونغ.

هذا ما حدث في تجربة شقّيّ يونغ، حيث بإطلاق إلكترون واحد في كل مرة، وفي نهاية التجربة، وُجِد إن الإلكترونات قد تجمّعت في خطوط اتحاد بنّاء واختفت من خطوط الاتحاد الهدّام بالضبط كما لو إن الحاجز ذو الشقّين لم يكن موجوداً، بل كما لو إن كل إلكترون قد مرَّ من أحد الشقّين وذهب ليختار مكاناً اتفق عليه مع الإلكترونات الباقيّة لكي يسخروا من نظرتنا الطبيعية لظواهر الأمور.

حاول العلماء تفسير هذه الظاهرة الغريبة التي تحدث على المستوى دون الذرّي، حتى وصل (**ريتشارد فاينمان**)، العالِم

الأمريكي الفذّ وعرّاب القنبلة الذرّية. (**فاينمان**) فَهِم هذه السخرية الإلكترونية بقوله إن الإلكترونات بالتأكيد لم تتفق مع بعضها لاختيار أماكنها التي ستسقط فيها على شاشة الرصد، ولكن كُل إلكترون عبر من أحد الشقّين، كذلك قد عبر من الشق الثاني في نفس الوقت، ولم يعبر مِنْ أيٍّ مِنَ الشقّين في نفس الوقت أيضاً، بل زاد على ذلك وقال إن الإلكترون -المحتال- قد اتخذ كُل مسار ممكن من نقطة انطلاقه حتى نقطة اصطدامه بشاشة الرصد. وتخّيلَ بأن الإلكترون انطلق بخط مستقيم من البداية للنهاية وكذلك فإنه عبر من خلال الشق الأيسر ثم دار ليعبر من خلال الشق الأيمن ثم طاف حول الكرة الأرضية وربما ذهب للطرف البعيد من مجرّة (**أندروميدا**) وعاد ليسقط على شاشة الرصد، فهو قد اتخذ كل مسار ممكن خلال رحلته من نقطة انطلاقه حتى استقراره أخيراً على الشاشة، وحاصل هذه المسارات ظهر على شكل اصطدامه بأماكن ليس من المفروض أن يتواجد فيها حسب نظرة الفيزياء التقليدية. سمّى (**فاينمان**) نظريته هذه بـ **"حاصل جمع التواريخ"**، والتي بيّن فيها إن كل الاحتمالات الممكنة لحدث معين تقع جميعها في نفس الوقت، ولكن هناك احتمال يبرز أكثر من غيره ليستقر الحدث عليه،

وبذلك يُمثّل هذا الاحتمال المحصلة النهائية للاحتمالات والتواريخ الممكنة لهذا الحدث فيظهر للمراقب وكأنه احتمال محتوم لا يمكن أن يحدث غيره.

أصبح هذا المبدأ أحد أهم مبادئ وأركان نظرية الكم، بالإضافة إلى **"مبدأ عدم اليقين"** لـ (**هايزنبيرغ**) الذي شرحتهُ في الفصل السابق، و**"مبدأ التراكب"**، لعالِم الفيزياء النظرية النمساوي (**إروين شرودنغر**).

قد تكون سمعت بـ **"قطّة شرودنغر"**، تلك القطّة التي أصبحت أيقونة في عالم الفيزياء وبالأخص فيزياء الكم، وهي قطّة افتراضية ذكرها (**شرودنغر**) في تجربة ذهنية لشرح مبدأ التراكب.

في عام **1935**م، كَتَب (**شرودنغر**) ورقة علمية تحت اسم **"الوضع الحالي لميكانيكا الكم" The Current Situation in Quantum Mechanics**.

في هذه الورقة العلمية، تخيّل (**شرودنغر**) إن هناك قطّة تم حبسها داخل صندوق مُزوّد بغطاء، وكان مع القطة داخل الصندوق

"**عدّاد غايغر**[3]" وكميّة ضئيلة من مادة مشعة بحيث يكون احتمال تحلّل ذرّة واحدة من هذه المادة خلال ساعة ممكناً. إذا تحلّلت الذرّة فان عدّاد غايغر سوف يُحرّر مطرقة تكسر بدورها زجاجة تحتوي على "**حامض الهيدروسيانيك**[4]" الذي يسيل ويقتل القطّة فوراً. والآن، بعد ساعة، يقف المشاهد أمام الصندوق المغلق ويُريد معرفة هل إن القطّة حيّة أم ميتة؟ من وجهة نظر فيزياء الكم، تكون القطّة بعد مرور الساعة في حالة مُركّبة من الحياة والموت! وعندما يفتح المشاهد الصندوق فأنه سيرى القطّة إما ميتة أو حيّة، وهذا ما نتوقعه حسب منطقنا في الحياة اليومية.

إن تفسير (**شرودنغر**) لهذا الأمر هو إن القطّة توجد دائماً في حالة متداخلة، فهي حيّة وميتة في نفس الوقت، أي إن القطّة تكون في حالتين متناقضتين بنفس الوقت، ولكن عندما يتم فتح

---

[3] هو أداة تستخدم لاكتشاف وقياس الإشعاعات المؤينة المستخدمة على نطاق واسع في تطبيقات مثل قياس الجرعات الإشعاعية والحماية الإشعاعية والفيزياء التجريبية والصناعة النووية.

[4] مركب كيميائي من السيانيد والهيدروجين ويكون على شكل سائل عديم اللون. وحمض الهيدروسيانيك سام جداً وقابل للاشتعال ويمكن أن يغلي في درجة حرارة 25.6 مئوية.

الصندوق، فسيتم اختيار إحدى الحالتين لعرضها للمشاهد، وتنفصل الحالة الأخرى عن هذا التداخل وتختفي من أمام المشاهد. **شكل 5-4.**



شكل 5-4: تجربة قطة شرودنغر.

هذا التراكب، في الحقيقة، لا يحدث في العالم الطبيعي، العالم الذي نختبره في الحياة اليومية، بل يحدث في المستويات دون الذرّية، ولذلك فإنه أحد المبادئ التي ناقضت مفهوم (**بور**) للذرّة، المفهوم الذي ذكرناه في الفصل السابق. فقد اقترح (**بور**) وجود الإلكترونات في مستويات محدّدة حول النواة، ويمكنها أن تسمو أو تنحدر إلى مستوى ما باكتساب أو فقدان طاقة. ولكن حسب نظرة (**شرودنغر**)، فالإلكترون سيكون في كل مكان في أي وقت، سيكون

هنا وهناك حول النواة، ولكن، حينما تريد أن تشاهده، فكأنه سيعلم بذلك وسيتوقف عن التصرّف بجنون وسيُسقط كل الحالات المتراكبة الأخرى ويعرض لك حالته الحالية بوجوده في المدار والنقطة التي أمسكته بها. وبحسب هذا المفهوم يمكن تصور الذرّة على إنها نواة صغيرة محاطة بغيمة إلكترونية.

زاد هذا المبدأ من غرابة وجنون فيزياء الكم، التي هي أصلاً مجنونة بذاتها بما فيه الكفاية، وأثار حفيظة ورفض العلماء أنصار الفيزياء الكلاسيكية، وعلى رأسهم العالِم الإنكليزي الشهير (**ستيفن هوكنغ**) الذي يُروى عنه إنه قال ***"إذا جاء إليّ أحد وأراد ذكر قطّة شرودنغر فسأرفع عليه بندقيتي!"***.

تُعتبَر قطّة شرودنغر أساسية في تفسير (**بور**) للواقع: عدم وجود خط فاصل واضح بين عالم الكم وحياتنا اليومية. على الرغم من أن مُعظم الناس يعتقدون إن تجربة (**شرودنغر**) تُظهِر كيف إن للأجسام خصائص محددة فقط عند قياسها، فإن نيّة (**شرودنغر**) كانت عكس ذلك. في الواقع، كانت نيّة (**شرودنغر**) هي إثبات إن فكرة التراكب غير منطقية! ومع ذلك، تجاهل العديد من الفيزيائيين

هذه المشكلة لعقود من الزمن، وركّزوا طاقاتهم على مشاكل أخرى، لكن الباحثين أثبتوا في أوائل السبعينيات أن الجسيمات يمكن أن تخلق حالات مترابطة، ممّا يعني إنه إذا أشار أحد الجسيمات إلى الأعلى، فإن الآخر سيشير إلى الأسفل، وهي ظاهرة أطلق عليها (**شرودنغر**) اسم "**التشابك الكمّي**". عزّز هذا العمل مجال الحوسبة الكمومية المزدهر، والذي يَعِدُ بإنتاج أجهزة كمبيوتر أسرع من أجهزة الكمبيوتر الحالية.

(**التشابك الكمّي**) هو معضلة فيزيائية لا زالت تُؤرق العلماء لغاية الآن. وهي من أكثر التحديات التي تواجه النظرية النسبية لـ (**آينشتاين**) ورمت بكل ثقلها في وجهه! ومن المثير للسخرية إن أول من أشار لمبدأ التشابك الكمّي وأثبت وجوده هو (**آينشتاين**) نفسه!

في شهر **آيار** من عام **1935م**، اشترك (**آينشتاين**) مع اثنين من علماء الفيزياء، وهما الروسي الأمريكي (**بوريس بودولسكي**)، والأمريكي الإسرائيلي (**ناثان روزن**) بكتابة ورقة علمية عنوانها

"هل يُعتبر وصف ميكانيكا الكم للعالم المادي كامل؟!"، وكان الهدف منها هو إظهار أن ميكانيكا الكم لم تكتمل بعد.

في هذه الورقة العلمية الشهيرة والمعروفة حالياً بـ **"مفارقة EPR"** نسبةً للحروف الأولى من أسماء العلماء المؤلفين، أجرى (**آينشتاين**) وزملاؤه حسابات أظهروا من خلالها أن الجسيمات دون الذرية -مثل الفوتونات والإلكترونات وغيرها- إذا خُلقَتْ كأزواج، فسوف ترتبط هذه الأزواج بنوع من الرابط المقدّسة التي لا يمكن أن تنكسر! فإن حاولتَ تغيير خصائص أحد هذين الزوجين، فستتغير خصائص الزوج الثاني مباشرة وبصورة لحظية، حتى وإن كان يفصل بينهما مليارات السنوات الضوئية!

أطلق (**آينشتاين**) في ورقته تسمية ساخرة على هذه الحالة، وسمّاها (**الحركة الشبحية**)، لأن -حسب رأيه- هذه الحركة تُناقِض أقدس قانون وضعه في نظريته النسبية الخاصة، وهو: **لا يوجد أي شي يمكن أن ينتقل بسرعة أسرع من سرعة الضوء، وكذلك المعلومات**. فمعلومة تغيير خصائص أحد الزوجين كيف لها أن

تنتقل لحظياً للزوج الآخر حتى لو استغرق الضوء نفسه مليارات السنين لينقل مثل هذه المعلومة؟!

بعد شهر واحد من نشر ورقة **EPR**، أرسل (**شرودنغر**) رسالة لـ (**آينشتاين**) يهنئّه فيها على بحثه الرصين ويشكر فيها جهود (**آينشتاين**)، وقال له بالحرف الواحد: "***أنا أعرف بالطبع كيف تعمل الخزعبلات رياضياً***". وكان يقصد أن هذه الحركة الشبحية هي مجرد خزعبلات مثل الخزعبلات الأخرى التي تدّعيها ميكانيكا الكم، وأطلق (**شرودنغر**) تسمية على هذه الحركة باللغة الألمانية، واستخدم كلمة (**Verschränkung**)، والتي ترجمها بنفسه لعبارة (**التشابك الكمّي**)!

بعد **10** أيام، رد (**آينشتاين**) على رسالة (**شرودنغر**) وقال فيها بأنه يجب أن يوضع حد لنظرية الكم التي تعتمد فيها المعرفة على الاحتمالات. أنتجَت هذه الأفكار البراعم الأولى لقصة **"القطّة"**، ففي رسالة أخرى وجّها (**آينشتاين**) لـ (**شرودنغر**)، طلب (**آينشتاين**) من صديقه أن يتخيّل صندوقين مُتطابقيَن مُقفليَن، وأن كُرة قد وُضِعت في إحدى هذين الصندوقين. إن

احتمال العثور على الكرة في الصندوق الأول قبل فتحه هو **50%**، هل يمكن اعتبار هذا الاحتمال وصفاً دقيقاً للواقع؟!

تحمّس (**شرودنغر**) لهذه الرسالة، ودفع (**آينشتاين**) السيناريو إلى منحى آخر تخيّل فيه وجود بعض البارود المتفجّر غير المستقر، والذي من الممكن أن ينفجر خلال عام. نحن لا نعلم إن كان البارود سينفجر أم لا، لكن إن عُدنا بعد عام لنرى ماذا حصل للبارود، فسنكون أمام احتمالين: إمّا أن يكون قد انفجر أو لم ينفجر بعد. وهنا –تبعاً لآينشتاين– فلا بد للطبيعة أن تختار إحدى هاتين الحالتين، ولا توجد خيارات أخرى.

بعد أسبوع من تَلقّي رسالة (**آينشتاين**) حول البارود المتفجّر، بدأ (**شرودنغر**) كتابة مقاله الشهير، وفيه طوّر (**شرودنغر**) الرواية، فبدلاً من البارود، أصبحت هناك قطّة!

في نفس العام، وعندما كانت ورقة (**شرودنغر**) قيد النشر، قام (**شرودنغر**) بمراسلة العالِم (**نيلز بور**) وعلماء آخرين حتى يفهم منهم كيف يتقبّلون تلك الأفكار الغريبة التي تكتنف

ميكانيكا الكم. لقد كان (**آينشتاين**) و (**شرودنغر**) مُتلهّفين لمقابلة (**بور**) شخصياً، ولكن لم يحدث ذلك!

الكثير من الأسئلة الجوهرية كانت تُطرَح كل يوم، وتزداد معها مخاوف (**شرودنغر**) من كون احتمالية ميكانيكا الكم صحيحة، وكان السؤال الأصعب المطروح هو: ***"إن كانت احتمالية ميكانيكا الكم صحيحة، ماذا سوف يفعل علماء الفيزياء خلال الـ 5 أو 10 سنوات القادمة بما أن العيش في عالَم الاحتمالات لن يترك أي داعٍ لوجود علماء الفيزياء؟!"***

مع مرور الوقت، أصبحت القصة التي كتبها (**شرودنغر**) لينتقد احتمالية ميكانيكا الكم، أحد أشهر الأمثلة التي يتم توظيفها لمساعدة طلاب الفيزياء على فهم هذه النظرية. فالفكرة الأساسية من ميكانيكا الكم، أن الجسيمات دون الذرية يُمكن أن تكون في حالة **"تراكب"**، تمتلك من خلالها خصائص متناقضة في آنٍ واحد، فهي لا تتّخذ قرارات (**إما، أو**)، كما في حياتنا اليومية، بل قرارتها دائماً (وَ)!

في عام **2010م**، تمكّن العلماء من إنشاء نسخة طبق الأصل من (**قطّة شرودنغر**)، ولكن دون استخدام قطّة حقيقية. قام العلماء في جامعة (**كاليفورنيا**) و(**سانتا باربرا**) ببناء **"مِرنان"**، وهي شوكة رنّانة صغيرة بحجم (**بكسل**[5]) على شاشة الكمبيوتر. وُضِعت هذه الشوكة في حالة تراكب، حيث كانت تهتز ولا تهتز في آنٍ واحد، وقد أثبت ذلك إن الأجسام الكبيرة نسبياً يُمكنها اتخاذ حالات كمّية غريبة.

في آخر التجارب، تم وضع ما يقرب من **2000** ذرة في مكانين مختلفين في نفس الوقت، مما زاد من ضبابية الخط الفاصل بين العالم المجهري وعالم حياتنا اليومية. حتى وصل عام **2019م**، وفيه تمكّن علماء من جامعة (**غلاسكو**) من تصوير تشابك الفوتون باستخدام كاميرا خاصة تلتقط صورة فوتون مرتبط بفوتون شريك آخر.

---

[5] البكسل (بالإنكليزية Pixel) يتكون اسمه من المقطعين Picture Element ويعني (عنصر الصورة الرقمية)، وهو أصغر عناصر الصورة الرقمية او الشاشة الرقمية ويكون على شكل نقطة او مستطيل صغير، تُستخدّم وحدة البِكسل لقياس دقة الشاشة او الصورة.

إن ميكانيكا الكم، تخبرنا بأن الكون مكّون من حقول أو **"كَمّات"** من الطاقة وليس جُسيمات، وإن الفوتونات والإلكترونات وغيرها من الصغائر، هي عبارة عن حِزم من الطاقة التي غالباً ما تتصرف بطرق مشابهة للجُسيمات. ولكن الغرابة والعشوائية وعدم اليقين التي تمتاز بها نظرية الكم جعل منها عصيّة على التَقبُّل لفترة طويلة، فـ (**آينشتاين**) مثلاً، آمن بوجود نظام وعِلّة في كل شيء، ولا يمكن لأي شيء أن يحدث بصورة عشوائية بل يجب أن يسير حسب قوانين فيزيائية وحسابات رياضية دقيقة تحدّد عمله وتتنبأ بكل تفاصيله في كل الأزمان والأمكنة، وهذا ما تسخر منه نظرية الكم ولا تُعير له أي أهمية.

ولكن لنظرية الكم عدد هائل من التجارب والمشاهدات والملاحظات التي تدعم أركانها وتُقوّي حججها، ولا زالت تؤدي عملها بشكل جيد وتُفسّر الكثير من الظواهر والتصرّفات التي تجري في العالم دون الذرّي.

ربما تُعتَبَر **فيزياء الكم** هي قائد جيش العلوم التي تصارع الدين وتناقض بعض أفكاره بشكل صارخ، بل إنها مشاكسة جداً

لدرجة إنها تناقض وتصارع العلوم الأخرى، وبالأخص اختها **"الفيزياء التقليدية"**. كما إنها مَسّت عصباً أليماً جعلت من أباطرة الفيزياء يناوئونها وخلقت لها أعداء من كبار علماء القرن العشرين.

كان أساس الإزعاج الذي ولّدته فيزياء الكم هو إنها أثّرت تأثيراً بالغاً في تفنيد **"الحتميّة الكونية"** التي قال بها عالِم الرياضيات الفرنسي (**بيير لابلاس**) والتي أيّدها (**آينشتاين**).

الحتميّة هي تلك الفرضية الفلسفية، التي ربما تكون دينية الجوهر، والتي تقول إن كل حدث في الكون، بما في ذلك إدراك الإنسان وتصرّفاته، خاضع لتسلسل منطقي سببي مُحدد سلفاً ضمن سلسلة غير منقطعة من الحوادث التي يؤدي بعضها إلى بعض وفق قوانين محددة.

تلك القوانين، يؤمن البعض بأنها قوانين الطبيعة في حين يؤمن آخرون بأنها قضاء الله وقدره الذي رسمه للكون والمخلوقات، وبالتالي فأن نظرية الحتميّة يُمكن تبنّيها مِنْ قِبَل أشدّ الناس إلحاداً وتمسّكاً بالقوانين العلمية، كما يُمكن تبنّيها مِنْ قِبَل أشدّ الناس إيماناً وقدرية، فلا أحد تُعجبه فكرة إن الرب يلعب بالنرد، ربما

بسبب العاطفة الإنسانية الغريزية التي تريد أن تجعل لكل شيء غرض وغاية، وبدلاً من ذلك، فقد يعتبر البعض إن السماء تلعب الشطرنج، فكل الحركات مُحتمَلة، وهناك عدد لا نهائي من طرائق الحركة لأحجار الشطرنج السماوية، ولكن كل هذه الحركات محسوبة ومُقاسة ومُحدّدة بدقّة، فقد يتحرك حصان الشطرنج في أي اتجاه وعلى أي مربع في الوجود، ولكن حركته ستبقى دوماً على شكل حرف **L**، فكل شيء مُتاح، وكل حدَث يمكن له أن يحدث، ولكنّه يبقى محتوماً!

العالم الأكبر

"كلما اقتربت القوانين من الواقع أصبحت غير ثابتة، وكلما اقتربت من الثبات

أصبحت غير واقعية"

ألبرت آينشتاين



كان يتطلّع بشرود إلى المُجسّم الرقمي الذي يطفو فوق عمود أسطواني قصير، مُجسّم لكوكب جميل يتزيّن بالأزرق والأخضر، يُشبه كثيراً كوكب الأرض رغم إنه يبدو أكثر رونقاً وجمالاً وصفاءً، وكان يدور ببطء ليكشف عن أراضيه الواسعة ومحيطاته الهائلة التي تعلو فوقها غيوم شبحيّة بيضاء تجعل من المُجسّم ينبض بالحياة.

شَعَرَ بأنفاسٍ حارة قريبة من مؤخرة عنقه فالتفت بسرعة ليجد قائد سلاح الفضاء (**الكويزار**[1] **آندريه دي كاريون**) يقف أمامه بوجهه الطويل الصافي الحليق، وعينيه الزرقاوين الواسعتين، وشعره الأزرق القصير الذي يعتلي قمّة رأسه كنيران موقدٍ غازي.

اعتدل (**مايوسور**) في وقفته وانتفض لتأدية التحيّة العسكرية حتى أصبح كالصنم وهو ينظر في عينيّ الكويزار. رفع الكويزار يده قليلاً لينظر إلى معصمه، فظهرت بقعة ضوء دائرية في جلد معصمه كساعة اليد، وقال: ***"لم يتبق إلا ساعتين على الإقلاع يا مايوسور، ولا زلت هنا تتسكّع في القاعدة ولا أرى إنك قد تجهّزتَ للرحلة. لماذا لم ترتدي حِلّتك المجرّية؟ وأين حقيبتك وأغراضك؟"***. فتح (**مايوسور**) أزرار قميصه العسكري الأبيض العلوية لتبرز من تحتها حِلّته المجرّية التي تلتصق بجلده كإنها جزء

[1] رتبة عسكرية تخيّلية، تعادل رتبة "الجنرال" في القوّات الجويّة. وكلمة "كويزار" بالإنكليزية "Quasar"، تشير الى المنطقة الغازية الساخنة المحيطة مباشرة بثقب أسود هائل تصل درجة حرارتها عدة مئات الألاف درجة مئوية وتبعث الضوء وأشعة أخرى. كلمة Quasar هي اختصاراً لـ Quasi-Stellar Radio Source وتعني باللغة العربية "مصدر راديو شبه نجمي".

من جسمه ويتموّج لونها بين الأسود والذهبي وترتفع ياقتها حتى تكاد تُلامس أذنيه، وقال: ***"سيدي الكويزار، لقد تجهّزتُ للرحلة جيّداً، وودّعتُ أصدقائي، وأودعتُ حقائبي ومُعدّاتي في عنبر الشحن الفضائي، أعتقد إنها على متن السفينة الآن"***. نظر الكويزار بلمحة خاطفة إلى الكوكب الهولوغرامي[2] الذي يدور بهدوء، ووضع يده على كتف (**مايوسور**) قائلاً: ***"حسناً أيها (اللونار[3])، أنت تعلم طبيعة مهمتك وحسّاسيتها، أليس كذلك؟! ستكون أنت أول إنسان أرضي يخطو على سطح كوكب "آداميس". ستكون رحلتك طويلة وشاقّة، وستبقى هناك لمدة ستة أشهر، لتستطلع المناطق التي تم اختيارها للاستيطان، أنت والفرقة الفضائية المصاحبة لك والتي ستكون تحت قيادتك. أتمنى إنك قد ودّعت أهلك وأصدقائك، فلا أعتقد إنك ستراهم مرة ثانية، ولن تجدني حين عودتك إلى الوطن، فسأكون قد متُّ قبلها بزمن طويل،***

---

[2] هو تقنية تصويرية تُسجل الضوء المُنبعث من جسم ما، ومن ثم تعرضه بطريقة تجسيميّة ثلاثية الأبعاد.

[3] رتبة عسكرية تخيّلية، تعادل رتبة "النقيب" في القوّات الجويّة. وكلمة "لونار" تعني "القمر" باللاتينية.

أو قد أكون عجوزاً جداً مصاباً بالخرف ولن أتذكرك، ولكني متيّقنٌ بأنك ستنجح في مهمتك وسيكتب التاريخ عنك كأول مستكشف بشري للمجرّة". ثم جَذَب ذراع (**مايوسور**) واحتضنه قائلاً في أذنه: ***"كل البشرية تتطّلع إليك، رافقتك السلامة أيها الفايكنغ[4] الفضائي"***. بعد انتهاء الاحتضان، أدّى (**مايوسور**) التحيّة العسكرية مرّة أخرى لقائده، ثم استدار على كعبيه وانطلق باتجاه السفينة الفضائية وعليه علامات الرضا عن اللقب الذي أطلقه عليه قائده للتو **"الفايكنغ الفضائي"**. سيكون هذا لقبه في نشرات الأخبار بالتأكيد.

دخل (**مايوسور**) في ممر أبيض يكاد لا يُميَّز بين جدرانه وأرضيته وسقفه من فرط بياضها الناصع، وكأنه يسبح في أحلامه، ثم لمح باباً زجاجياً أزرق فاتجه اليه وانفتح تلقائياً ليدخل في حجرة بيضاء صغيرة تحيط جدرانها الشاشات الرقمية التي تعرض بثّاً مُباشراً للسفينة الفضائية، فضغط على أحد الأزرار في جدار الحجرة

---

[4] هم الشعوب التي استوطنت في المناطق الإسكندنافية والذين هاجموا السواحل البريطانية والفرنسية وأجزاء أخرى من أوروبا في أواخر القرن الثامن إلى القرن الحادي عشر.

ليبدأ بالصعود إلى السفينة. وحينما وصل إلى السفينة استقبله أحد العسكريين العاملين في منصة الإقلاع، وفتح فمه لينظر فيه، ثم سحب جفن عينه السفلي قليلاً، ثم العين الأخرى، ثم أجرى فحوصات أخرى على وجه ورقبة وأيدي وسيقان (**مايوسور**)، وبعدها فكّ أزرار قميص (**مايوسور**) العسكري لتظهر من تحته البزّة الفضائية المتموّجة باللونين الأسود والذهبي. أشار العسكري إلى (**مايوسور**) بأن يخلع بنطاله العسكري أيضاً ليتهيأ للدخول إلى الكابينة التالية من السفينة. أكمل (**مايوسور**) جميع إجراءات السلامة والأهلية ودخل إلى عنبر **"التجميد"** في السفينة. شاهَد وهو يتقدّم باتجاه مُقدمة السفينة الضخمة إن هناك حُجيرات صغيرة كتوابيت زجاجية تنتشر على جانبي عنبر التجميد يستخدمها راكبي السفينة للدخول في نوم مُجمَّد عميق لسنوات حتى يصلوا إلى وجهتهم. وبعد أن اجتاز عنبر التجميد، وصل إلى عنبر القيادة، ووجد مقعده الذي يجب أن يكون مربوطاً عليه خلال الدقائق الأولى من الإقلاع حتى خروج المركبة من نطاق الجاذبية الأرضي. كان الفريق الذي يقوده يتألف من **ثلاثين** عسكريّاً فضائياً **وعشرة** علماء

من مختلف الاختصاصات **وخمسة** مهندسين **وأربعة وسبعين** آخرين من فنيّين وعاملين وطاقم السفينة وطاقم الخدمة.

جلس إلى جانب أحد العلماء المرافقين المختصّين بالفيزياء الفلكية وحيّاه بابتسامة، وربط أحزمة مقعده، ولبس خوذته المرنة التي تُظهر عينيه فقط من خلال نافذة زجاجية على شكل حبّة الفول السوداني، ووضع جهاز التنفّس، وربط على رقبته جهاز قياس الإشارات الحيوية، وبقي يجول بنظره في رحبة عنبر القيادة مُعجباً بالتصميم الأنيق لهذه السفينة الجبّارة. سمع ثلاث صُفّارات واطئة ذات نغمة موسيقية مُحبّبة، ليبدأ بعدها قائد السفينة التحدّث: **"**أيها السادة الكرام معكم مُحدّثكم (**السديم**[5] **سام بابوريان**) قائد وطيّار الفُلك الفضائي **"فايلكسي"** ومعي مساعد الطيّار (**السولار**[6] **علي أكبر عبيري**)، سنُقلع بعد عشرون دقيقة. سننطلق

---

[5] رتبة عسكرية تخيّلية، تعادل رتبة "المقدّم" في القوّات الجوّية. والسديم هو جُرم سماويّ ذو مظهر منتشر غير منتظم مكوّن من غاز متخلخل من الهيدروجين والهيليوم وغبار كوني.

[6] رتبة عسكرية تخيّلية، تعادل رتبة "الرائد" في القوّات الجوّية. ومصطلح "سولار" والذي يعني "شمسي" هو مشتق من الجذر "سول" والذي هو الاسم الآخر للشمس على اسم الإله الروماني "سول". كما إن كلمة "شمس" باللغة الاسبانية هي "سول".

من كوكب الأرض لنَمُرَّ بجوار **"المرّيخ"**، ثم نعبر **"حِزام الكويكبات"** لنَمُرَّ بجوار **"المُشتري"**، ومنه ننطلق باتجاه المجموعة الشمسية لنجم **"النسر الواقع[7]"** الذي يبعُد بمقدار **25** سنة ضوئية عن الأرض. وِجهتنا النهائية هي كوكب **"آداميس"**، وهو رابع كوكب في مجموعة **"النسر الواقع"** الشمسية، ستتزايد سرعتنا حتى تصل إلى **99.7%** من سرعة الضوء، وسيكون التعجيل مساوياً للتعجيل الأرضي، لذا يمكنكم التجوّل في السفينة بحريّة كما لو إنكم على الأرض، ولكن بعد أن نصل إلى خارج مدى المجال الكهرومغناطيسي الأرضي. ستستغرق رحلتنا **6** سنوات و**5** أشهر بتوقيت السفينة، ولكنها على كوكب الأرض ستبدو وكأنها استغرقت **27** سنة، سنوافيكم بالتعليمات تباعاً". ثم صدح صوت الطنين الموسيقي نفسه. في كابينة الطيّار، كان القائد (**السديم بابوريان**) يتّصل بمركز القيادة والتحكّم الأرضي يستعلم منهم عن آخر المستجدّات، ويزودهم بمعلومات الرحلة التفصيلية كما ينص

---

[7] نجم "النسر الواقع"، وفي الإنكليزية "Vega"، هو ألمع نجم في كوكبة القيثارة، وهو نجم قريب منا نسبياً على بُعد 25 سنة ضوئية من الأرض وهو بذلك ينتمي إلى مجرتنا، مجرة درب التبانة.

البروتوكول الفضائي. قال: **"**مركز القيادة والتحكّم المشترك، هنا الفُلك الفضائي **"فايلكسي"**، المَهمَّة **"لايرا-5"**، معكم مساعد القائد (**السولار عبيري**)، الساعة الآن على متن السفينة **3:42** دقيقة صباحاً، اليوم هو **الإثنين** الموافق **2320/05/10** بالتقويم الميلادي، وجهة الرحلة هي كوكبة القيثارة، المجموعة الشمسية لنجم **"النسر الواقع"**، الكوكب الرابع **"آداميس"**، القطاع **45-014.** زمن الرحلة المُقدّر هو **6** سنوات و**5** أشهر و**10** أيّام بتوقيت **"فايلكسي"**، و**27** سنة بالتوقيت الأرضي الموحّد[8]، سيكون موعد الوصول المتوقّع حسب توقيت **"فايلكسي"** هو **2326/10/20**، وبحسب توقيت كوكب الأرض هو **2374/04/11.** ستتزايد سرعتنا إلى أن تصل إلى **99.7%** من سرعة الضوء في منتصف المسافة، ثم نبدأ بعدها بالكبح لتتناقص سرعتنا حتى نصل إلى الوجهة النهائية. تم إكمال الفحوصات والتحقّق من الأنظمة الميكانيكية والإلكترونية والحيوية، نحن جاهزون للإطلاق". كان (**مايوسور**) ينظر بتركيز في شاشة خوذته التي تعرض له آخر

---

[8] تم تخيّل إن في المستقبل سيكون العالم عبارة عن دولة واحدة تحكمها حكومة واحدة، والبشرية كلها ستكون شعب واحد.

التعليمات والمعلومات الخاصة بالمَهمَّة وتُظهر له إشاراته الحيوية وعدد نبضات قلبه حينما سمع صوت عالم الفيزياء الفلكية الذي يجلس بقربه قائلاً: ***"هل تعلم يا حضرة اللونار إن النسر الواقع كان في الماضي نجم الشمال خلال الألفية الثانية عشرة قبل الميلاد، وسوف يعود كذلك مرة أخرى في عام 13727 ميلادي؟!"***. نظر إليه (**مايوسور**) وقال: ***"معلومة لطيفة، لم أكن أعلم بذلك"***. وأغمض عينيه مبتسماً وهو يتذكّر اللقب الذي أطلقه عليه الكويزار، **"الفايكنغ الفضائي"**، يا لها من مصادفة جميلة، فهم ذاهبون إلى الشمال![9]

***

قبل (**آينشتاين**)، كان السير (**إسحق نيوتن**) بنظريّته للجاذبية والحركة والزمن، هو السيد المطلق للفيزياء ولنظرة البشرية حول الكون والفضاء، وقد استطاعت نظريّته تلك من

---

[9] تمت محاكاة هذه الرحلة بطريقة واقعية وحسب القوانين الفيزيائية وكل الأرقام المذكورة فيها والتوقيتات هي حسابات دقيقة تم اجراءها اعتماداً على النظريات الفيزيائية الحديثة، حيث تم تخمين وزن المركبة ب 1500 طن وكذلك حساب وزن ونسبة استهلاك الوقود لكامل الرحلة.

الصمود بجدارة أمام الكم الهائل من الاختبارات والتجارب التي أُجريَت عليها على مدار **300** عام حتى إنها كادت أن ترتقي لمرتبة القانون ولربما قد أُعطي لها هذا المنصب في كثير من الأدبيات الفيزيائية .

قصة **"التفاحة"** الشهيرة -على الأكثر- هي مُجرّد أُسطورة، وليس لها أساس من الصحة، حيث إن (**نيوتن**) قد استنبط نظريّته للجاذبية من خلال مشاهدات فلكية عديدة وبالاستعانة بقوانين (**كيبلر**) لحركة الكواكب. لم يكن (**نيوتن**) أول من أشار للجاذبية باعتبارها قوة فيزيائية، حيث عرف علماء العرب منذ القرن **التاسع** للميلاد، قوة التثاقل الناشئة عن جذب الأرض للأجسام، وأطلقوا عليها آنذاك اسم **"القوة الطبيعية"**.

يُعد (**الهمداني**) من أوائل العلماء التجريبيين الذين أشاروا إلى الجاذبية بوضوح كما جاء في كتابه **"الجوهرتين العتيقتين"** بقوله: ***"فمن كان تحتها -أي تحت الأرض عند الأسفل- فهو في الثابت في قامته كمن فوقها، ومسقطه وقدمه إلى سطحها الأسفل كمسقطه إلى سطحها الأعلى، وكثبات قدمه عليها، فهي بمنزلة حجر***

المغناطيس الذي تجذب قواه الحديد إلى كل جانب". كذلك أدرك علماء العرب وفلاسفتهم إن هذه القوة تتعاظم كلما كبر حجم الجسم، كما في قول (**ابن سينا**) في القرن **العاشر** الميلادي في كتابه "**الإشارات والتنبيهات**": "***القوّة في الجسم الأكبر، إذا كانت مشابهة للقوّة في الجسم الأصغر، حتى لو فُصِل من الأكبر مثل الأصغر، تشابهت القوّتان بالإطلاق، فإنها في الجسم الأكبر أقوى وأكثر ... إذ فيها من القوة شبيه تلك***".

في سنة **1687**م، نشر (**نيوتن**) نظريّته في الجاذبية، وبكلماته: "***استنتجتُ من هذا أن القوّة التي تُبقي الكواكب في مساراتها متعلّقة بتربيع البعد بين مركزيهما. من هنا قارنتُ القوّة التي تُمسك القمر في مساره بالقوى على سطح الأرض ووصلت إلى نتيجة قريبة جداً***".

كانت نظرية (**نيوتن**) للجاذبية والحركة تتنبأ بدقّة مهولة بحركات الكواكب في المجموعات الشمسية وبقية الأجرام التي تتخلل هذه المجموعة. وقد ساهمت بشكل مباشر في اكتشاف بعض كواكب وأقمار المجموعة الشمسية.

في سنة **1781**م، تم اكتشاف كوكب **"أورانوس"** بواسطة العالِم البريطاني (**ويليام هيرشل**)، وبمجرد أن اكتشفه وَجَد إن مداره مختلف تماماً عن شكل المدار الذي توقّعه (**نيوتن**). معنى ذلك إن القانون بذاته يمكن أن يعاني من مشكلة، وبالتالي فإن مفهوم (**نيوتن**) عن الجاذبية غير سليم.

لكن بعد ذلك في سنة **1846**م، العالِم الفرنسي (**أوربان لوفريه**)، افترض إن القانون سليم وليس به مشكلة، وإن هناك كوكب آخر موجود، وهو الذي يؤثّر على شكل مدار **"أورانوس"**، وباستخدام قانون (**نيوتن**)، استطاع (**لوفريه**) أن يتوقع مكان الكوكب الافتراضي الذي لم يره أحد قبلاً ولا أحد يعرف بوجوده. وبمجرّد أن توقّعه رياضياً، جاء بعده العالِمان الألمانيان (**يوهان جالي**) و (**هنريك دريست**)، ورصدا الكوكب في المكان الذي تنبّأ به (**لوفريه**)، والمفاجأة إنهما وجداه بفارق درجة واحدة عن حسابات (**لوفريه**). وفيما بعد أطلقوا على هذا الكوكب اسم **"نبتون**[10]**"**.

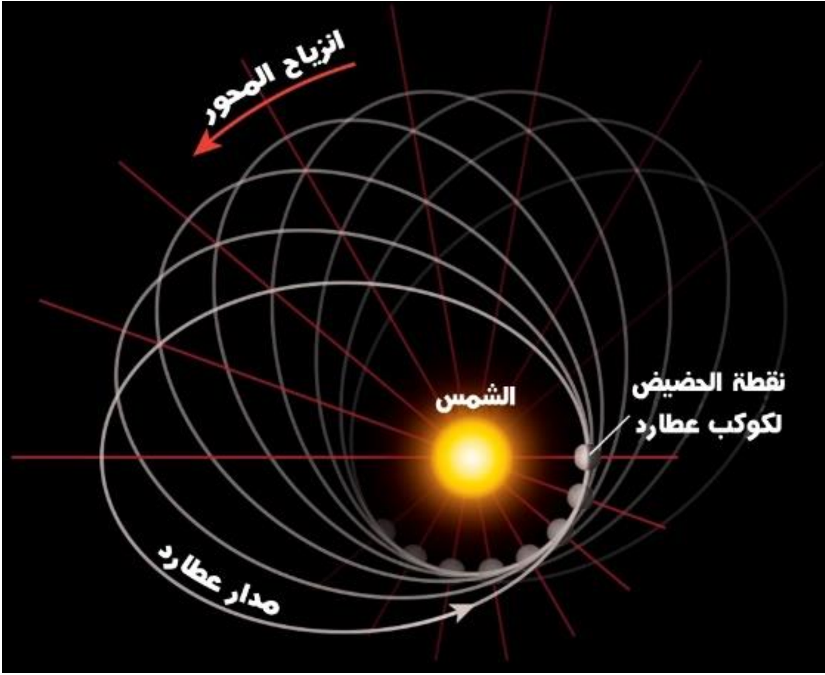
[10] بعد فترة قصيرة من اكتشاف نبتون، أُطلق عليه اسم "الكوكب الخارجي لأورانوس" أو "كوكب لوفريه". كذلك سُمّي بـ "يانوس" و "أوقيانوس"، حتى تم اتباع النمط نفسه في تسمية الكواكب على أسماء الآلهة الإغريقية فاتخذ "نبتون" تسميته الحالية على

وهذا يحل مشكلة أورانوس، فبعدما كان مدار الكوكب نقطة ضعف في قانون (**نيوتن**)، أصبح نقطة قوة وإضافة له.

إلا إن هذه النظريّة الفذّة لم تكن مثاليّة فيما يتعلّق بكوكب **"عُطارد"**. ففي سنة **1859**م، جاءت الرياح بما لا تشتهي السفن، عندما قام العالِمان (**أوربان لوفريه**) و (**سيمون نيكوم**)، باكتشاف إن الانحراف في مدار كوكب **"عُطارد"** ليس بنفس القيمة التي حَسَبها (**نيوتن**).

المدار البيضاوي أو الإهليجي هو المدار الذي تكون فيه نقطتان مُميّزتان، نقطة **"الحضيض"**، وهي أقرب نقطة للكوكب من الشمس، والأخرى نقطة **"الأوج"**، وهي أبعد نقطة للكوكب عن الشمس. ولأن الكواكب تتحرّك ولا تثبت في مكانها، يختلف تأثير جاذبيتها على بعض، وتبدأ النقطتان بالنزوح عن مكانهما الأصلي. **شكل 6-1**.

اسم إله البحر عند الرومان، وتم تسميته بذلك لأنه ظهر أزرق اللون كما لو كان يغطيه الماء بالكامل.



شكل 6-1: انحراف مدار كوكب عطارد

كان (**نيوتن**) يعرف هذا جيداً، وكان قد حَسَبَ مقدار إزاحة نقطتي الحضيض والأوج لكل كوكب، لكن للأسف، كان الانحراف في مدار كوكب **"عُطارد"** مختلفاً عن القيمة التي حسبها (**نيوتن**)، وفي حال كان القانون سليماً، فيجب أن يكون هناك شيء آخر يؤثّر على مدار كوكب **"عُطارد"**. لكن هذه المرة لم يجدوا كوكباً أو مُذنّباً أو نيزكاً، ولا أي شيء يؤثر على مدار الكوكب، وعلى الرغم من إن هذه هي أول مشكلة فعليّة تواجه قانون (**نيوتن**)، إلا إنهم كان

يجب عليهم أن يجدوا لها حلاً، وإلا فإن قانون (**نيوتن**) يعاني من مشكلة، وفهم (**نيوتن**) للجاذبية سيبقى ناقصاً وغير مكتملاً. لكن (**نيوتن**) قبل أن يموت، كان مُدركاً بأن هناك مشكلة في فهمه للجاذبية، وكان يحاول أن يتجاهلها بشتّى الطرق، رغم إنه حسم كل شيء عليه جدل، وحَسَبَ قوة الجاذبية بشكل عددي، إلا أنه فشل في معرفة ماهيّة قوى الجاذبية أصلاً.

تُعتبر قوّة الجاذبية في الميكانيكا الكلاسيكية قوّة مباشرة بعيدة المدى، بمعنى إن هذه القوّة تستطيع التأثير عن بُعد بدون واسطة، ويكون تأثيرها بشكل لحظي، فأي تغيّر في موقع أحد الجسمين، يرافقه تحوّل لحظي في الجاذبية بينه وبين الجسم الآخر. ولكي يُفسّر (**إسحاق نيوتن**) هذه الخاصيّة، عَمِد إلى تعريف حقل جاذبية كوني موجود في كل نقطة من الفضاء.

في عام **1895**م، بدأ (**آينشتاين**) التفكير في سلوك الضوء، وكان عمره آنذاك **16** عاماً فقط. وبقي عشقه للضوء وللظاهرة الكهروضوئية قائماً حتى جاء بنظريّته الشهيرة المعروفة باسم

"**النظرية النسبية**". وحتى تفهم علاقة الضوء والنظرية النسبية بجاذبية (**نيوتن**)، دعني أُمسك بيدك لنبحر في ضياء الكون.

الفيلسوف وعالِم الرياضيات الفرنسي الشهير (**رينيه ديكارت**) هو أول من وصف الضوء بأنه موجة، لكنه لم يقدّم الكثير من التفسير. وأضاف العالِم الإنكليزي (**روبرت هوك**) بأن الضوء هو اهتزاز الوسط الذي تنتشر من خلاله الموجة. وإذ نلاحظ هنا، إنه يُدخل لأول مرة مفهوم "الوسط أو الوسيط"، أي الشيء المادي الذي ينقل الموجة. بعد ذلك أطلق العالِم الدنماركي (**كريستيان هويغنز**) على هذا الوسط اسم "**الأثير**"، وعرّف الضوء بأنه اضطراب في الأثير ينتشر على شكل موجة.

لكن (**إسحاق نيوتن**) طرح فكرة مختلفة تماماً، حيث اعتبر إن مصدر الضوء يبعث عدد هائل من الجسيمات الدقيقة عديمة الوزن تنتقل في خطوط مستقيمة خلال الفراغ. تُعرف هذه النظرية بـ "**النظرية الجُسيّمية للضوء لنيوتن**". هذا الاختلاف في طبيعة الضوء خلق تساؤلاً مهماً: ***هل الضوء جُسيم أم موجة؟!***

بَقي هذا الصراع على تحديد جنس الضوء على مدى عقود، وكل فريق كان يأتي بتجارب وحجج تَبيّن أرجحية نظريّته على الأخرى، حتى جاءت تجربة **"شَقّيّ يونغ"** لتقطع نزاع القوم، ولتعلن بصورة قاطعة بأن الضوء هو موجة، ولكنه أحياناً يتصرّف كجسيم، بما بات يُعرف الآن بـ **"ازدواجية الموجة-الجسيم"**. واتضح لاحقاً إن كل الجسيمات دون الذرية في الحقيقة عبارة عن موجات وجُسيمات في نفس الوقت.

لكن إذا كان الضوء موجة فما الذي يتموّج؟

عندما تأخذ طفلك في يوم ربيعي جميل وهو يحمل مركبه الورقي الصغير في يده، ثم يضعه على طرف البحيرة الصغيرة الراكدة، وتبدأ أنتَ بصنع تموّجات بيدك لكي يتحرك المركب، فإن هذه التموّجات التي صنعتَها أحدثت اضطراباً واهتزازاً في الماء، ولكن ما الذي يهتز؟ في الحقيقة، الذي يحدث إن جزئيات الماء لا تنتقل، بل تتبع حركة يدك. عندما ضغطَتْ يدك، انضغطت جزئيات الماء، وبالاصطدام بالجزئيات المجاورة لها تنتقل حركة التموّج، وهكذا تتشكّل الموجات مبتعدة عن مصدر الاضطراب. ولو كانت جزئيات

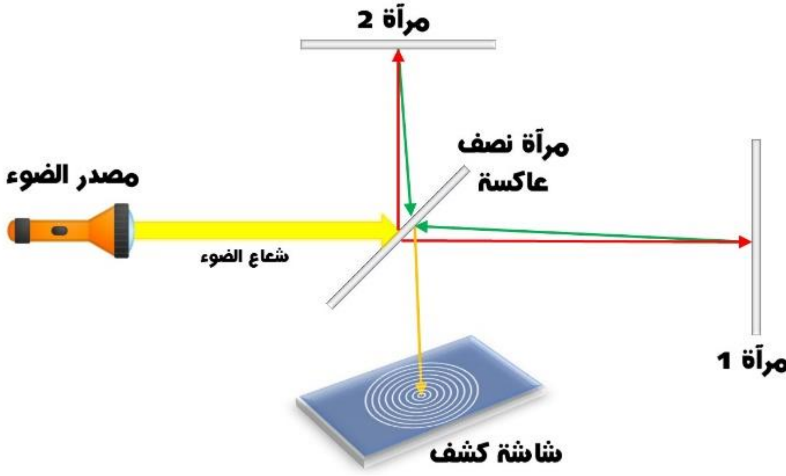
الماء هي التي تنتقل، للاحظنا جميعاً انتقال المركب مع موجات الماء، نعم يتحرك المركب الورقي مُتأثّراً بحركة تموّج الماء، لكن لا ينتقل مع الموجة بل تستمر الموجة بالانتقال مبتعدة عن المركب حتى تتلاشى. وهذه هي المعضلة، لا يُمكن صناعة موجة بدون وسط تتموّج فيه، حتى موجات الصوت تنتقل في الأوساط المادّية، وبسبب اختلاف الكثافة لكل وسط تختلف سرعة انتشار الموجات الصوتية.

ولذلك كان من الضروري لانتقال الضوء أن يُفترَض وجود الأثير، ***"وسط مادّي، ساكن، غير مرئي، عديم الكتلة، غير قابل للضغط، شديد الكثافة"***. هذا الأثير يُشكِّل الساكن المُطلق لكل حركة مُطلقة في الكون، الذي بدوره سيؤثر في سرعة انتشار الضوء ويغيّرها. أي إنه يُمثّل نقطة مرجعية لكل حركة تجري في أرجاء الكون.

تخيّل إنك تقف على حافة تلٍّ مرتفع، والريح شديدة، واختبرت شعوراً جميلاً بالركض مع اتجاه الريح. ستشعر بأن الريح تدفعك وتُزيد سرعتك للحد الذي تقترب من الشعور بالتحليق، ولو واجهتَ الريح وعَدوَتَ بعكس اتجاهها، لواجهتَ صعوبة بالغة

في الحركة قد توقفك أحياناً بسبب مقاومة الريح لحركتك. هذا ما يُفترَض أن يحدث مع الضوء، ستتغير سرعته فتزداد أو تقل حسب حركة الأرض.

ولاختبار تغيّر سرعة الضوء، قام العلماء بتجارب كثيرة جداً، أغلبها قائمة على حسابات فلكية. ومن أهم وأشهر هذه التجارب هي تجربة **"مايكلسون–مورلي"**، التي قام بها الفيزيائيان الأمريكيان (**ألبرت مايكلسون**) و (**إدوارد مورلي**)، وهي تجربة كان الهدف منها بالأصل رصد تغيّر سرعة الضوء بالنسبة للأثير، حيث يتم شطر الضوء الآتي من مصدرٍ ما إلى شُعاعين باستخدام مرآة فضيّة نصف عاكسة. يتحرك شُعاعا الضوء بحيث يكون أحدهما مُتعامد على الآخر، ثم يجتمعان معاً في شُعاع واحد بعد ارتطامهما بالمرآة الفضيّة. **شكل 6-2.**



شكل 6-2: تجربة مايكلسون-مورلي

إذا كان هناك اختلاف في سرعة الضوء وهو يتحرك في هذين الاتجاهين، فإن هذا يُمكن أن يعني أن تصل قِمم أمواج أحد الشُعاعين في الوقت نفسه مع قيعان أمواج الشُعاع الآخر فتلغيها. لكن ثبوت التداخل وظهور قمم وقيعان ضوئية مميزة يعني أن سرعة الضوء ثابتة. كُرّرت التجربة في مناطق مختلفة وفصول مختلفة لاختبار تغيّر الرياح الأثيرية، لكن النتائج كانت دائماً واحدة "سرعة الضوء ثابتة". والنتيجة الأهم في هذه التجربة هي إنها قاست هذه السرعة بدقة عالية، وهي (**300,000 كيلومتر في الثانية**)، أي في ثانية واحدة سيَلف الضوء الكرة الأرضية **سبع مرات ونصف**.

وبسبب أهميّة هذه التجربة حصل (**مايكلسون**) على جائزة نوبل في الفيزياء عام **1907**م.

إن ثبوت سرعة الضوء تعني أحد أمرين: إما إن الأرض ثابتة تماماً بالنسبة للأثير، وهذا يُخالف جميع قوانين الفلك المُثبتة تجريبياً أو إن فكرة وجود الأثير مستحيلة، وإسقاطها يعني إن قوانين (**نيوتن**) خاطئة!

هذا التعارض حيّر العلماء وبُذِلت جهود كبيرة لإنقاذ الأثير، حيث من الغريب في العِلم إنه أحياناً يحاكي الدين، فهناك حالات يُصبح فيها التخلّي عن أمر مُسلّم به صعباً، حتى لو كان هناك دليل دامغ يدحضه، فالعلماء في النهاية ما هم إلا بشر، واعتناق مذهبٍ ما أو التمسُّك بفكرة ما، حتى لو كانت علمية بحتة، هو من طبيعة البشر التي تَجنَح إلى تَبنّي التفسير الأبسط والأكثر شاعرية.

احتدّت النقاشات في أوروبا حول وجود الأثير من عدمه، وتحديداً الإمبراطوريتين البروسية والألمانية، فالفيلسوف والفيزيائي النمساوي (**إرنست ماخ**) انتقد بشدّة أعمال (**نيوتن**) وفكرة الأثير تحديداً في كتابه **"علم الميكانيكا"**. وبَقيَ الأمر هكذا حتى وصل

(**آينشتاين**) ليجد المسرح مُعدّاً له ليرقص رقصته المُبهرة، وينقشع أخيراً ذلك الضباب.

تأثّر (**آينشتاين**) بمجموعة كبيرة من العلماء والمفكّرين والفلاسفة يصعب حصرهم. ولم يكن (**آينشتاين**) أول من جاء بفكرة **"النسبيّة"**، فقد سبقه (**غاليليو غاليلي**) لذلك، لكن ما ميّز (**آينشتاين**) هو التفكير بالمنطق الصوري. فالفكرة التي طرحها ونشرها (**آينشتاين**) لم تكن في البداية تحتوي على أي معادلات رياضية، بل مُجرّد تصوّرات وتجارب ذهنية عصفت بذهن كل من قرأها، ولكي نفهم النسبية فسنفكّر كما فكّر (**آينشتاين**).

"لو تسابقتُ مع شعاع ضوئي، فإنني مهما زِدت من سُرعتي فسيظل الاختلاف بين سُرعتي وسُرعة الضوء مقدار ثابت، وسأرى إن الشعاع سيبتعد عني بدلاً من أن اقترب منه!".

لنفترض أنك وصديقك تعشقان المغامرة، وقُمتما بتحدّي بعضكما في سباق سيارات، بحيث انطلقتَ أنت قبل صديقك بخمس ثواني. كلنا يعلم من قوانين (**نيوتن**) البسيطة إنه مهما كانت سُرعة سيارتك عالية فهذا لا يهم، سيلحق صديقك بك بعد

مسافةٍ ما وزمنٍ ما بمجرد أن تَفوق سُرعته -أو تسارعه- سُرعة سيارتك. لنرفع الإثارة قليلاً، ونجعل أخاك الذي يُشاهدكما يُطلق شُعاع ليزر يمرّ من بين سيارتيكما، والتمعت في ذِهن صديقك فكرة مجنونة، وهي اللحاق بشُعاع الليزر. حتماً سيُزيد صديقك من سُرعته لأقصى حد. ولكن، حتى لو كانت سيارته بمواصفات خارقة، كأن تسير مثلاً بسرعة تبلغ **95%** من سُرعة الضوء، فلن يلحق بشُعاع الضوء أبداً.

من هنا صاغ (**آينشتاين**) فروض النظرية النسبية من حقيقتين بسيطتين:

1. كل قوانين الفيزياء واحدة في جميع الأُطُر المرجعيّة.
2. سُرعة الضوء ثابتة في الفراغ، ومُستقلة عن سُرعة المصدر أو الراصد.

مع هاتين الفرضيتين تكون فكرة الأثير قد دُفِنَت، ولم يعد لها وجود إلا بالعبارة الخاطئة فيزيائياً لبعض مذيعي الراديو: ***"نَنقل لكم مستمعينا الكرام من محطتنا عبر موجات الأثير"***.

في الطبيعة، لكي نَصِف أي حركة نحتاج لما يُسمّى بـ **"الإطار المرجعي**[11]**"**، أي إحداثيات للمكان ونقطة في الزمان.

لكي تلتقي بصديقك، مثلاً، ستَصِف له مكان اللقاء وزمنه وإلا فلن تلتقيان أبداً، وقد يكون المكان عبارة عن عنوان شارع أو بناية، لكن في الفيزياء والرياضيات نحتاج لدقّة أكثر في وصف المكان، فنُمثّله بأبعاده الثلاثة **"الطول، العرض، والارتفاع"**. (**نيوتن**) كان يؤمن بأن المكان والزمان مُطلقَين، أي إن الإطار المرجعي هو واحد وثابت لكل شخص، وكل شخص يختبر الوجود في المكان والزمان بنفس القدر، ولكن (**آينشتاين**) أثبت خطأ هذه الفكرة، حيث بيّن إن لا المكان ولا الزمان مُطلقَين، بل نِسبيَين. بمعنى إن كل شخص يختبر الأُطُر المرجعية من وجهة نظر مختلفة، ولكي تَتّضح الفكرة أكثر، لنفترض إن شخصاً يقود سيارته وسقطت منه عملة معدنية. بالنسبة لراكب السيّارة، فإن العملة سقطت عمودياً، لكن بالنسبة لشخص يراقب خارج السيارة،

[11] مصطلح فيزيائي يشير إلى مجموعة محاور يقوم من خلالها المراقب الفيزيائي بتحديد موضع وحركة كل نقطة من نقاط النظام الفيزيائي.

فالعملة سقطت بشكل مُنحني، بسبب حركة السيارة بالنسبة للأرض. **شكل 6-3.**



شكل 6-3: الأطر المرجعية المختلفة لنفس الحالة الفيزيائية.

بيّن (**آينشتاين**) إن كِلا وجهتي النظر صحيحتان، فحقيقة السقوط العمودي للعملة المعدنية هي صحيحة وتنطبق عليها القوانين الميكانيكية البسيطة، ولكنه صحيح فقط بالنسبة لسائق السيارة. كذلك فإن السقوط المنحني للعملة هو صحيح أيضاً وتنطبق عليه القوانين الميكانيكية البسيطة، ولكنه صحيح فقط بالنسبة للمراقب الذي يقف خارج السيارة.

هذه هي النسبية باختصار: كل الملاحظين يقيسون، أو يرصدون، نفس الحالة من وجهات نظر مختلفة ومن أطر مرجعية

مختلفة، لكن تبقى قوانين الفيزياء واحدة، وهذا هو معنى الحقيقة الأساسية الأولى للنسبية.

لكن ما الذي جعل قوانين ومفاهيم (**نيوتن**) لا تَصِف النسبية بشكل صحيح؟ ولماذا يجب على الزمان والمكان أن يكونا نسبييَن؟ إن (**نيوتن**) لم يكن غير عارف بالنسبية، ولكن الفرق بين نسبية (**نيوتن**) ونسبية (**آينشتاين**) هو إن نسبية (**نيوتن**) تُثبِّت المكان والزمان وتُغيِّر السُرعات، بمعنى إنه في ميكانيكا (**نيوتن**) فالأجسام تتحرك بسُرعات متغيّرة، ولذلك يجب على المكان والزمان أن يكونا ثابتيَن، أي مُطلقيَن. ولكن مادامت سرعة الضوء ثابتة، فهذا يعني إن الزمان والمكان يجب أن يكونا مُتغيّريَن، أو نسبييَن.

إن ثبوت سُرعة الضوء يعني إن بقية العوامل الفيزيائية التي ترتبط بالسُرعات -المسافة والزمن- متغيّرة. من الفيزياء الكلاسيكية نعلم إن السرعة ما هي إلا معدل تغيّر المسافة بالنسبة للزمن، ونقصد بمعدل التغيّر أن السرعة تزداد، وهو ما نُطلق عليه **"التسارع أو التعجيل"**، أو تقل، بما نُسمّيه **"التباطؤ"**.

إن انتماءنا للأرض وثبوتها تحت أقدامنا هو ما جعلنا نؤمن بأن المكان مُطلَق، كذلك بسبب طريقة اختبارنا للزمن بصورة بطيئة نسبياً، وبسبب اعتمادنا على حركة الأرض حول نفسها وحول الشمس لتعريف الزمن، هو ما يجعلنا نشعر بأن الزمن مُطلَق، أي إن المكان والزمان ثابتان بالنسبة لحركتنا، فلو حدث انفجار على كوكب المريخ فسنراه في ذات اللحظة -حسب اعتقادنا- وأي حركة في الكون سنقيسها بواسطة حسابات جبرية بسيطة -قوانين (**نيوتن**) في الحركة- بمعلوميّة أحد العوامل التالية: السرعة، المسافة، والزمن. لكن ثبوت سُرعة الضوء هو المرجع المطلق للحركة، وهذا يعني إن أبعاد المكان وقياس الزمن يختلف من راصد إلى آخر حسب الإطار المرجعي لكل راصد. ولتوازن الحركة لا بد أن يكون التغيير في أبعاد المكان، بتمدّده أو انكماشه، وكذلك بالنسبة للزمن فإنه يجب أن يتمدّد وينكمش.

لندخل مرة أخرى في عقل (**آينشتاين**)، ولنطبق تجربة ذهنية جديدة، بالرجوع إلى مغامراتك مع صديقك المسكين الذي ضاق ذرعاً بجعله فأر تجارب لتخيّلاتك. إذا كنت تنتظر صديقك في محطة

القطار، ولنفرض إن القطار يسير بسرعة قريبة من سُرعة الضوء، لتكن مثلاً بمقدار **95%** من سُرعة الضوء، ولخللٍ ما في القطار فإنه لم يتوقّف ولم يُقلل من سُرعته عند المحطة بل مرَّ من أمامك كالسهم، ولنفرض إن في مقصورة صديقك لوحة مُعلّقة ذات أبعاد (طول **100** سم وعرض **150** سم). إذا سألنا صديقك في القطار ماهي أبعاد اللوحة؟ فسيخبرنا بما يُلاحِظ ويقيس من وجهة نظره هو، وسيقول إن الطول **100** سم والعرض **150** سم. لكنك، وعند مرور القطار بسرعته القصوى من أمامك، فستلاحظ وتقيس إن الطول هو **100** سم والعرض هو **65** سم. هذا ببساطة لأن بُعد اللوحة الذي ينكمش هو البُعد الذي في اتجاه الحركة، وهو هنا البُعد الأفقي، أي العُرض. ولو كان القطار منطلقاً بهذه السرعة الجنونية بشكل عمودي، فإن البُعد الذي سينكمش هو الطول.

النسبية تكمن هنا، كِلا إجابتيكما صحيحتان. بالنسبة لصديقك، فإنه يقيس بإطاره المرجعي، لأنه هو والقطار يتحركان بسرعة قريبة من سُرعة الضوء، فهو ثابت بالنسبة لإطاره المرجعي (فضاء القطار المتحرك بسرعة قريبة من سُرعة الضوء). أما أنت،

فتقيس العُرض بمقدارٍ أقل لأنك في إطار مرجعي مُختلف (وقوفك الثابت على الأرض بالنسبة للقطار المتحرك بسرعة قريبة من سُرعة الضوء).

قد نتصالح مع فكرة إن المكان نسبي، وقد يكون الأمر منطقياً حينما يختلف اثنان على عُرض لوحة في كابينة قطار ما. ولكن الزمن مسألة مختلفة، فالزمن هو المُتحكّم الأوحد بالمصير، هو الذي نتساق على خُطاه مُنقادين، ويتحكّم في كل تفصيل فينا وفي الكون، لذلك لازال هذا السؤال الذي نحاول الإجابة عنه بأي ثمن، ما هو الزمن؟

هذا السؤال أرهق الفلاسفة والمفكرين وعلماء الطبيعة وعلماء الأديان منذ القِدم، ومازال يقضّ مضاجعهم. وكم تَغنّى الشُعراء بالزمن، وكم تمنّى العُشّاق لو يتوقف، وكم تمنّى الخطّاؤون لو يعودوا للماضي، وكم تمنى الحالمون لو يسافروا للمستقبل!

الزمن في الفيزياء الكلاسيكيّة وفيزياء (**نيوتن**) تحديداً، مطلق. فالزمن رِحلة خَطيّة في اتجاه واحد، لا عودة فيها للخلف، يمضي من الماضي عبوراً بالحاضر إلى المستقبل. سمّى الفيلسوف

الألماني الكبير (**إيمانويل كانت**) معضلات هذا الزمن بـ **"مناقضة العقل الخالص"**، فإذا كان الزمن سرمديّ، والكون مُطلَق، فلماذا لم يحدث من قَبْل كل ما سوف يحدث؟!

يُذكر عن (**آينشتاين**) إنه اختبر تجربة صورية يوماً ما بعد خروجه من عمله في مكتب براءات الاختراع السويسري بالنظر لبرج الساعة في مدينة (**بيرن**)، وتخيّل نفسه يسافر بالقطار بسرعة الضوء مُبتعداً عن البرج؛ فسيراه المراقب وكأنه قد تجمّد **"*سيتوقّف الزمن*"**. **ينقل هو عن هذه الحادثة واصفاً: *"كان الأمر كعاصفة اجتاحت عقلي"***.

إن الأطوال تنكمش في اتجاه الحركة عند سُرعة الضوء، ولكي تتوازن العلاقة رياضيّاً وفيزيائياً لابد أن يتمدّد الزمن. أي يمر الوقت ببطء، ولا تعني هذه العبارة الشعور بالملل، بل القياس الحقيقي للزمن يختلف للأجسام التي تسير بسرعة الضوء.

لو عدنا لتجربتنا الذهنية السابقة نفسها لك ولصديقك، أنت تقف في المحطة مُنتظراً صديقك الذي يُفترَض أن يصل الساعة الثانية ظهراً، لكن كما قلنا سابقاً، بسبب خلل في القطار لم يتوقّف.

ثم عند الثانية تماماً سألنا صديقك في القطار المتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء: كم الساعة؟ سيرى ساعته التي تشير إلى **1:57** دقيقة. ساعة صديقك تعمل بكفاءة ولم يُصِبْها أي خلل، ونحن نعلم إن الساعات مُجرّد أدوات لقياس الزمن. إن اختلاف الزمن بالنسبة لصديقك هو بسبب إن الزمن في إطاره المرجعي –أي الحركة في فضاء القطار بسرعة قريبة من سرعة الضوء– يتمدّد ويتباطأ. أما أنت، فستقيس الزمن العادي ضمن إطارك المرجعي (الأرض)، وكلاكما تقيسان الزمن بدقّة وصحّة حسب الإطار المرجعي لكل واحد فيهما.

لو اختفت الشمس فجأة، فسنلاحظ اختفاءها بعد **ثمان دقائق ونصف**[12]. الحاضر بالنسبة لنا –لحظة مشاهدة اختفاء الشمس– هو ماضٍ بالنسبة للشمس، ولأن البُعد بيننا وبين الشمس هو مسافة محسوسة بالنسبة لسرعة الضوء، إذن فإننا نختبر الزمن بطريقة مختلفة عن الشمس، فحاضر الشمس هو مستقبلنا، وحاضرنا هو ماضي الشمس. هذا ليس أدباً خياليّاً، بل هذه هي

---

[12] يستغرق ضوء الشمس فترة مقدارها ثمان دقائق ونصف ليصل الى الأرض.

نتائج النسبية. لذلك يقول (**آينشتاين**): ***"لقد وضعت ساعة في كل مكان في الكون"***.

تظل نسبية الزمن أمر يصعُب فهمه، ولكي يفهمها الناس، وضع لهم (**آينشتاين**) تجربة ذهنية تُسمّى **"مفارقة التوأم"**.

لنعد إلى (**مايوسور**) الذي لديه أخ توأم تركه على كوكب الأرض وصعد على متن الفُلك الفضائي **"فايلكسي"** مُتّجهاً إلى المجموعة الكوكبية لنجم **"النسر الواقع"**، حيث ودّع التوأم بعضهما بعمر **30** سنة. من وجهة نظر النسبية، الزمن ينساب ببطء بالنسبة لـ (**مايوسور**) لأنه يتحرك بسرعة الضوء، فإذا استغرقت رحلته **13** عاماً -ذهاباً وعودة- من إطاره المرجعي، فإنه سيعود للأرض بعمر **43** عام، في حين أنه سيتفاجأ بأخيه التؤام الذي أصبح بعمر **84** عام. لا غرابة في الأمر، لأن -ببساطة شديدة- (**مايوسور**) عاش الزمن في إطار مرجعي مُختلف عن أخيه التوأم، حيث الزمن عنده لا يتمدّد، الزمن الأرضي عند السرعات الضئيلة والذي يُقيّدنا بسبب انتماءنا للأرض.

نشر (**آينشتاين**) أفكاره في النسبية في أوراق معدودة مع الحل الرياضي في بحث بعنوان **"حول الحركة الكهروديناميكية للأجسام"** في **أيلول** عام **1905**م. صراع (**آينشتاين**) في التوصّل إلى النظرية النسبية مليء بالدراما الاجتماعية والعاطفية والسياسية، بالإضافة إلى العنصرية والحرب بين خياله الخصب ورفض المجتمع العلمي لأفكاره.

كانت هذه النظرية ثورية بكل المقاييس، فقد تحدّت بشكل صارخ المبادئ الراسخة لفيزياء (**نيوتن**)، بل تحدّت طريقة رؤيتنا للعالم نفسه ونظرتنا للكون، ولكن كانت هذه النظرية -على الرغم من جمالها- تحتوي على ثغرتين:

1. إن النسبية لم تتطرق للجاذبية، وهي أهم مفهوم في الفيزياء.

2. إذا كانت سرعة الضوء ثابتة، فهذا يعني إن التسارع يساوي صفر. لكننا نعيش في عالم تتسارع فيه الحركة، فالقطارات والعربات وسقوط الأجسام جميعها تخضع للتعجيل.

في بداية عام **1907**م، أدرك (**آينشتاين**) ثغرات النسبية، وغيّر عنوان بحثه إلى **"النظرية النسبية الخاصة"**. كانت هذه النظرية

تُناقض نظرية (**نيوتن**) للجاذبية بشكل أساسي، حيث -وبحسب (**نيوتن**)- فإن كل الأجسام تجذب بعضها بعضاً بقوة تتناسب مع كتلتها وتتعاكس مع مُربع المسافة بينها، ولكن (**نيوتن**) تنبّأ بأن الجاذبية هي قوة فيزيائية تنتقل لحظياً. وبالعودة إلى مثالنا، فلو إن الشمس اختفت فجأة من الوجود، فستشعر الأرض بهذا الاختفاء لحظة حصوله، وستترنّح في الفضاء كالسُكارى بسبب فقدان جاذبية الشمس، رغم إن ضوء الشمس نفسه سيستغرق ثمان دقائق ونصف لكي يختفي!

(**آينشتاين**) لم يقتنع بذلك، فقد قال بأنه لا يُمكن لشيء أن ينتقل أسرع من الضوء، فكيف بمعلومة "فُقدان الشمس" أو بالأحرى "فقدان جاذبية الشمس" أن تصل إلى الأرض قبل وصول الضوء نفسه إليها؟

فكّر (**آينشتاين**) كثيراً بهذه المعضلة، فنظرية (**نيوتن**) قد أثبتت جدارتها على مدى **300** عام بالتجربة والبرهان حتى كادت أن ترتقي إلى مرتبة القانون، فكيف يُمكن لنظريّته الوليدة أن

تناقض ذلك وتَتّهم نظرية (**نيوتن**) بالفشل؟ فهل يُمكن للنظريّة أن تُفنِّد القانون؟

ظل (**آينشتاين**) يصارع فكرة ثغرات نظريّته لفترة طويلة استمرّت **أربع** سنوات، حتى داهمته تجربة صوريّة ذهنية: إذا كنتُ بداخل مصعد، وفي طريقي للنزول تعطّل المصعد وانقطعت أسلاكه، وبدأ بالسقوط الحُر بسرعة كبيرة، فالذي سيحدث هو إنني سأفقد الإحساس بالجاذبية، وسأتحرك بحرّية داخل المصعد وكأنني أطير. وفي حال العكس، لو تعطّل المصعد في الصعود وانطلق بسرعة عالية للأعلى، ستتسمّر أقدامي في أرضية المصعد وسأشعر بأن وزني قد تضاعف حتى لا أقوى على تحريك ساقيَّ.

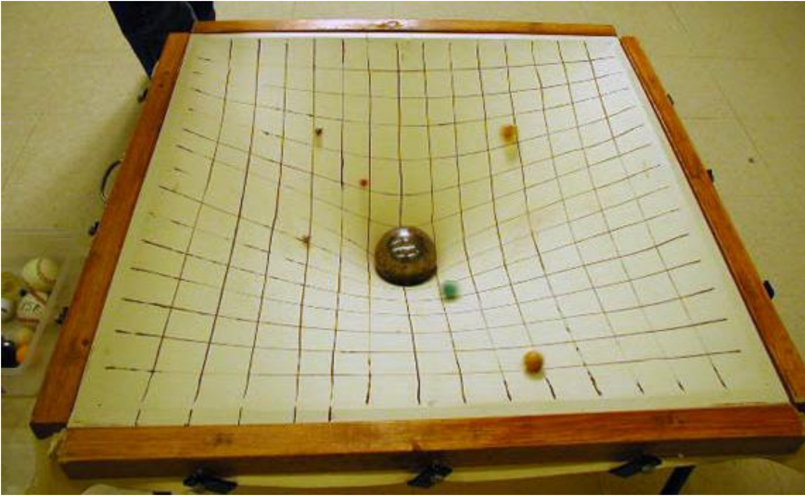
نحن نختبر هذا الشعور عندما نذهب إلى مدينة الألعاب ونجرب لعبة الأُفعوانية، أو ما تُدعى بـ **"سِكّة الموت"**. فعندما يصعد القطار لأعلى نشعر بأننا مُلتصقين بالكرسي، وعندما ينزل بسرعة عالية نشعر بأننا نطير من مقعدنا ونلتصق بحزام الأمان. إذا فهمت النسبية فستحل اللغز بنفسك، حيث إن السبب يعود إلى إن وجودك داخل المصعد يجعلك تنتمي لإطار مرجعي واحد، فأنت

والمصعد تسقطان بنفس مُعدّل التسارع مما يُلغي تأثير الجاذبية. وهذا ما يجعل روّاد الفضاء حُرّي الحركة داخل مركباتهم، لأن تسارعهم هو ذات تسارع مركباتهم في حالة سقوط حر، وليس لأن الجاذبية تنعدم في الفضاء.

معنى هذا الكلام، إن الجاذبية ليست قوّة، ولا يُمكنها الانتقال كالقوى كما كان يعتقد (**نيوتن**)، بل هي عبارة عن مجال، أو ما وضّحه (**آينشتاين**) بنظريته الجديدة التي أسماها فيما بعد بـ **"النسبية العامة"** بأنه انبعاج في الزمكان.

ولتتخيل معنى إن الجاذبية هي انبعاج الزمكان، لنُبسّط الموضوع قليلاً ونقول: تخيّل إن الجاذبية هي انبعاج في مستوي مُسطّح ذو بعدين. افترض إن لديك قطعة قماشية مربّعة كبيرة، وقد قمت بتثبيتها بصورة أفقية بلصق أضلعها على إطار، ثم رميت عليها كرة بولينغ لتستقر في وسطها. ستلاحظ إن كرة البولينغ قد صنعت انبعاجاً في القماش تحتها، أي إن القماش انحنى تحتها بتأثير وزنها، ويمكن التعبير عن جاذبية كرة البولينغ بالقول إنها عبارة عن انبعاج القماش الثنائي الأبعاد بتأثير وزن هذه الكرة.

والآن لو قمتَ بوضع كرة تنس في أحد جوانب القطعة القماشية وتركتها تتحرك بحرّية، فستُلاحظ أن كرة التنس ستنجذب إلى كرة البولينغ، لأن القماش سيكون منحنياً باتجاه مركز الانبعاج الذي تصنعه كرة البولينغ، وفي الحقيقة فإنك لو ألقيت كرة التنس لتتحرك بزاوية مُعيّنة على القطعة القماشية، فستُلاحظ إنها ستقوم بالدوران حول كرة البولينغ بمدار بيضوي، بطريقة مشابهة جداً لطريقة دوران الكواكب حول الشمس. هذا كان توضيحاً لمفهوم انبعاج الزمكان، ولكن باستخدام بُعدين فقط. **شكل 6-4**.



شكل 6-4: تجربة لتوضيح جاذبية (آينشتاين) وانبعاج الزمكان.

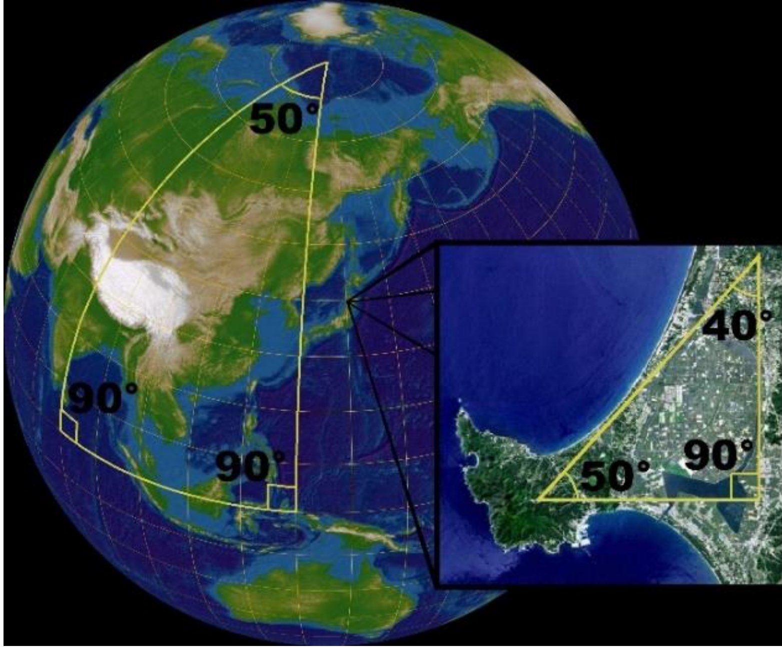
نحن نعيش في ثلاثة أبعاد مكانية وبُعد زماني واحد على الأرض، فإذا أردت أن تلتقي بصديقك فإنك تُحدّد له وقت اللقاء ومكانه، مثلاً، الساعة الخامسة في مقهى **"الشابندر"** في **"شارع المُتنبّي"** في **بغداد**، وبالطبع لن تصف له إحداثيات المكان على شكل $x = 4$، $y = 2.5$، $z = 7$، وإلا لن يرد على مكالماتك. ولا يكفي أن تُحدّد له المكان فقط، حتى تلتقيان فعلاً، فيجب عليك تحديد نقطة الالتقاء في الزمن أيضاً. وبالتالي، وفي كل أرجاء الكون، فلِوصف أي حدث أو حركة أو موقع، فأنت بحاجة لتحديد أربع معلومات، ثلاث منها للموقع المكاني، ومعلومة رابعة تصف الزمن.

في **الهندسة الإقليدية**[13]، حاصل مجموع زوايا المُثلّث قائم الزاوية هو **°180**، لكن هذه الهندسة تصف الفضاء في بُعدين فقط (فضاء مُسطّح، طول وعرض). أما الهندسة اللاإقليدية فتختلف فيها القوانين وتتغيّر كُلّياً لأنها تَصِف (مُسطّح مُنحني)، حيث يُمكن أن

---

[13] هي أحد الأنظمة الرياضية التي وضع أسسها العالم اليوناني (إقليدس) في كتابه "العناصر" وهي الهندسة التي تُدرّس في المدارس والثانويات.

يكون فيه مُثلّث ذو زاويتين قائمتين، فيصبح مجموع زوايا مثلث قائم الزاويتين في هذا الفضاء يساوي **°230**. **شكل 6-5**.

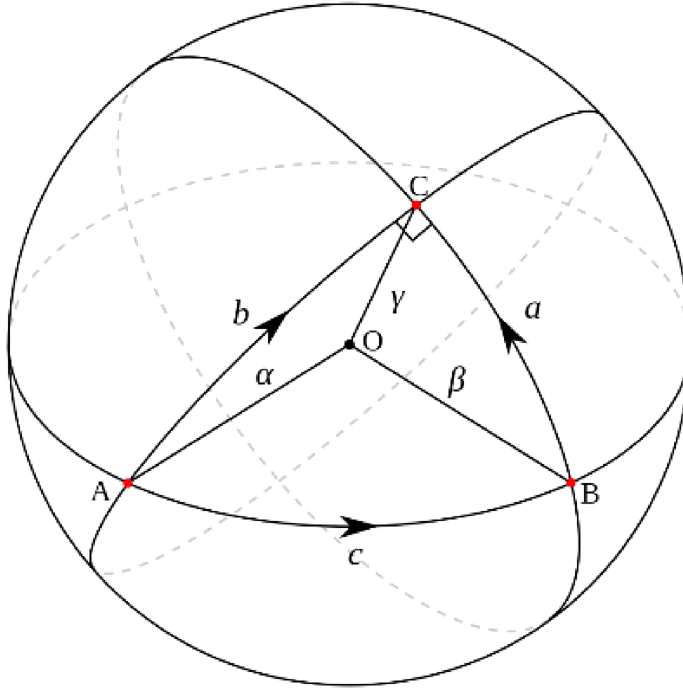


شكل 6-5: شكل المثلث ذو الزاويتين القائمتين في الهندسة اللاإقليدية.

ولكن حتى هذه الهندسة لا تُمكّننا من دراسة الزمكان، لأننا بحاجة لفضاء رباعي الأبعاد، أو ما يُدعى بـ **"فضاء الجيوديسي[14]"**، والذي تكون فيه كل زوايا المثلث قائمة. **شكل 6-6**.

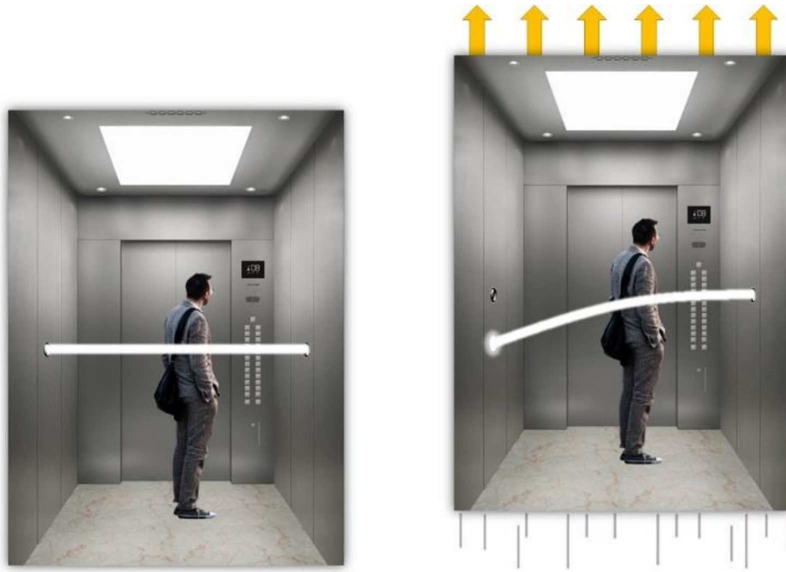
---

[14] هو وصف للخط المستقيم ضمن الفضاءات المنحنية. ففي الهندسة الإقليدية فإن الخط المستقيم هو أقصر مسافة بين نقطتين، ولكن على سطح الكرة فإن أقصر مسافة بين نقطتين هو الخط الجيوديسي.



شكل 6-6: فضاء الجيوديسي.

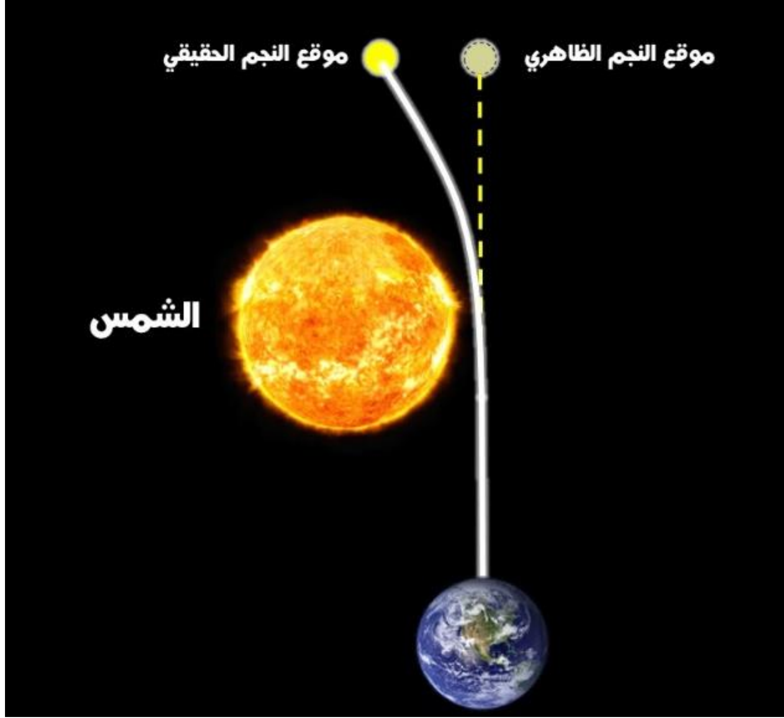
هل تذكُر تجربة المصعد الصوريّة؟ لنفترض هذه المرة انعدام الجاذبية، ولنفترض وجود مصباح يدوي مُثبّت على يمين المصعد ويطلق شُعاع ضوء. إذا وُجِد راصد يراقب الحدث من خارج المصعد، فإنه سيشاهد إن الضوء سيمر في خط مستقيم، في حالة عدم وجود تسارع (المصعد ساكن أو يتحرك بسرعة ثابتة)، كما في يسار الصورة. أما في حالة التسارع أثناء حركة المصعد لأعلى، فسينحني الضوء كما في يمين الصورة. **شكل 6-7.**



شكل 6-7: انحناء الضوء في الزمكان بسبب الجاذبية.

فِهْم هذه النقطة تحديداً هو جوهر النسبية العامة، وهو إن الجاذبية هي انبعاج في الفضاء الزمكاني، ومادام الضوء ينتقل خلال هذا الفضاء، فإنه سيسير مع انحناءاته والتواءاته، أي إن الجاذبية تؤثّر على الضوء فتسبب انحرافه. ومن خلال هذا المفهوم، يُمكننا اختبار صِحّة النسبية العامة ببساطة عن طريق ضوء النجوم في السماء. التأكد من صحة النسبية العامة يستوجب اختبارها في الفضاء، لأن انحناء الضوء لا يتأثر إلا بكتل كبيرة جداً مثل النجوم، كالشمس، أو كُتَل هائلة، كالثقوب السوداء. لكن إلى وقت تحرير النسبية لم

نعرف إلا جاذبية الشمس الأقرب. فإذا صَحّت النسبية العامة، فسينحرف ضوء النجوم التي تقع من موقع رؤيتنا على الأرض عند حافة قرص الشمس بمقدار صغير جداً. **شكل 6-8.**



شكل 6-8: انحراف ضوء النجوم أثناء مروره بجانب الشمس.

ولأن ضوء الشمس يمنعنا من رؤية الضوء القادم من النجوم، فيجب أن يتم رصد التجربة في وقت حدوث الكسوف الكُلّي للشمس، وهذا ما انطلق العالِم البريطاني (**آرثر إدنجتون**) لرصده.

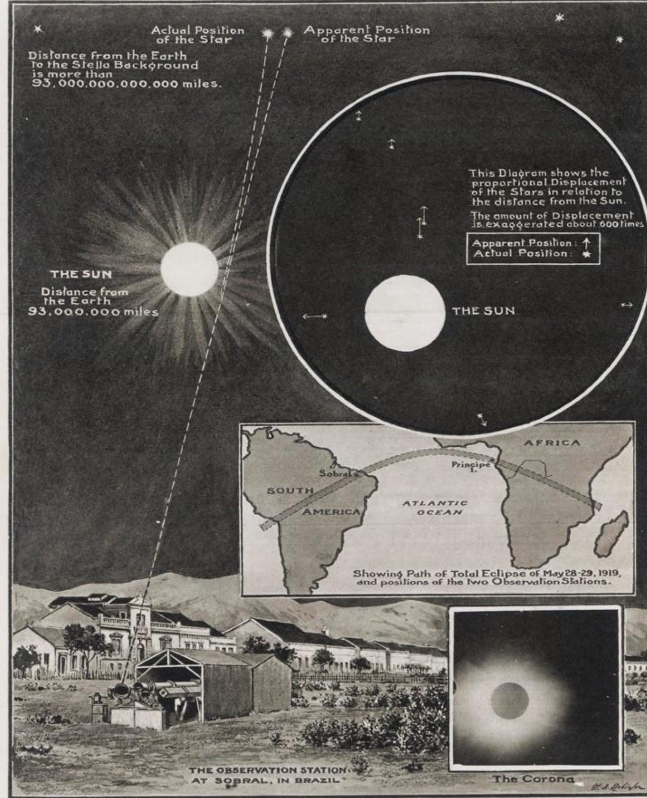
قبل قرن من الزمان، وتحديداً في **29 آيار**، كان (**آينشتاين**) في مكتبه الواقع في منزله بـ (**برلين**) يكتب رسالة لصديقه عالم الرياضيات (**ثيودور كالوزا**) يناقش معه مسألة زمكان يتطلّب خمسة أبعاد. ولم يأتِ في باله إن اسمه ووجهه سيصبح في كل مكان في العالم.

كانت الجمعية الملكية في (**لندن**) قد وظّفت الفيزيائي (**آرثر إدنجتون**) من أجل اختبار النظريات الجديدة في علم الفلك، ومن خلال تّعثَّر (**إدنجتون**) بمسودّة (**آينشتاين**) في النسبية، قرّر اختبار ِصحّة النظرية. ويبدو أنه مع اشتعال الحرب العالمية الأولى، ورغبة الإنجليز بمحاربة العِلم الألماني –خاصةً بعد توقيع مجموعة من العلماء الألمان تأييدهم للحرب–، واجه (**إدنجتون**) صعوبة في تمويل رحلته بسبب تعرض **1500** جندي انجليزي للغاز السام المصنوع على يد علماء ألمان. ناقش إدنجتون بذكاء مع الجمعية: ***"إذا أثبتت التجربة خطأ (آينشتاين)، فلن يمسّ أحد (إسحاق نيوتن)، وسيظل العِلم الإنجليزي شامخاً، أما إذا صحّت النظرية النسبية فستكون (إنجلترا) وراء هذا الحدث الكبير"***.

وفي **29 آيار** من عام **1919م**، تبيّن إن كسوف كُلّي للشمس سيحدث، وهناك منطقتان فقط في العالم يُمكن مُشاهدة الكسوف الكُلّي منها، منطقة (**سوبرال**) في (**البرازيل**)، وجزيرة (**برينسيبي**) قبالة الساحل الغربي لأفريقيا. خرجت بعثتان استكشافيتان، وبعد التقاط الصور والعودة إلى (**لندن**) واختبارها مع صور مواقع النجوم في سماء الليل، تبيّن انحراف الضوء بسبب جاذبية الشمس في صورٍ ما زالت محفوظة حتى اليوم.

تلقّى (**آينشتاين**) أولاً نتائجهم الأولية في **أيلول**، وكتب لوالدته: ***"أخبار سارة"***، واشترى كماناً جديداً.

تم الإعلان عن التأكيد رسمياً في تشرين الثاني في الجمعية الفلكية الملكية في (**لندن**)، واكتسحت موجة من الإثارة عناوين الصحف حول العالم لتُعلن عن هذا النصر المؤزّر. **شكل 6-9.**



شكل 6-9: خبر إثبات النسبية العامة في إحدى الصحف العالمية

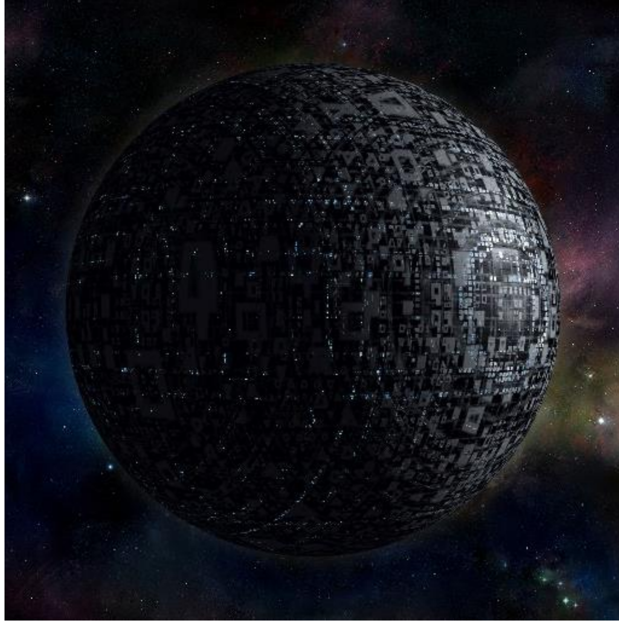
انتصرت النسبية العامّة، وبهذا الاكتشاف العظيم هُدِمَت صروح الفضاء المُطلَق، وتغيّرت رؤيتنا للكون، وتربّع (**آينشتاين**) على عرش الفيزياء، وأوجد فرعاً علمياً جديداً سُمّي بـ **"**الفيزياء الفلكية**"** والقائم أساساً على نظرياته**.** وكما رَفع (**غاليليو**) لأول

مرة عام **1609م** تلسكوبه نحو السماء، وأثبت إن أرضنا ليست مركز الكون، رَفعَت النسبية العامة فكرنا وتفكّرنا في الوجود. واليوم، ملايين التلسكوبات في كل أنحاء الأرض تتطلّع للفضاء، لتُعبِّر عن حنين الإنسان لأصله السماوي. ورغم ذلك، لا زالت قصة غرور البشرية تُروى، بنزاعاتهم وحروبهم واختلافاتهم وصراعتهم حول الحق والباطل، الصح والخطأ. يتنازعون حول الأبيض والأسود، وتجاهلوا أن للرماديّ احتمالات كثيرة.

عمالقة وأقزام

"لستُ مُجبرًا على الإيمان بأن الإله الذي أمَدّنا بالعقل والحجة والمنطق هو نفسه الذي يُطالبنا بعدم استخدامهم"

غاليليو غاليلي



بعد المؤتمر الصحفي الذي عقده مجلس إدارة كوكب **"أميراندا"**، حلّت الكارثة التي زلزلت الإمبراطورية، وهدّدت بسقوط النظام برمّته!

استيقظ العالِم الأميراندي (**لانكو جوناي**)، على صوت ضجّة شديدة تهزّ الحاجز المغناطيسي لنافذة غرفته في منزله الذي يطفو فوق أحد جادات القِطاع الحكومي. لا يوجد سطح لكوكب **"أميراندا"**، فهو عبارة عن مصفوفة كروية من مُكعبّات سكنيّة تُسمّى **"قِطاعات"**، تتراصف معاً مُشكّلة بمجموعها كوكباً ضخماً كروي الشكل، وكأن كوكب **"أميراندا"** عبارة عن كرة قدم شفافة مليئة بأحجار النرد! كانت هذه المكعبات تحتوي على مدن ذات طبقات سكنية بعضها فوق بعض، وبعض هذه المكعبات يحتوي على غابات، وبعضها على صحاري، بل حتى إن بعضها يحتوي على بحار وبحيرات. كان كل شيء في كوكب **"أميراندا"** قد تمّت هندسته بدقّة.

كان القطاع الحكومي يحتوي على مركز إدارة الكوكب والمؤسسات الحكومية ومنازل الشخصيات رفيعة المستوى، فبعد كل شيء، للعلماء هنا منزلة عظيمة، فهم من يحكمون ويديرون الأمور.

اقترب (**جوناي**) من نافذته، ومد رأسه نحوها، فزال الحاجز المغناطيسي منها تلقائياً، وأطلّ (**جوناي**) برأسه من النافذة، ليشاهد

ما لم تصدقه عيناه! جحافل عظيمة من البشر مَلأت الشوارع والمسارات المغناطيسية التي تتكدّس بعضها فوق بعض لترتفع من قاع القِطاع وحتى سطحه، كان بعضهم يقودون مركباتهم على المسارات المغناطيسية، وبعضهم كان يمشي على قدميه، ومنهم أيضاً من كان يطير بين المنازل والبنايات الطافية في الجو باستخدام الأحذية المضادة للجاذبية، وكلهم يهتفون. كان لا يفهم ماذا يقولون، فآلاف مؤلّفة من البشر كلهم يصرخون ويهتفون باهتياج، ولكنه كان يسمع صراخاً مرعوباً هنا وهناك، كما سمع أصوات اصطدام وتكسّر. سمع صوت صراخ قريب من أسفله، فمدّ رأسه نحو مصدر الصوت، ولكن أحد الطائرين كان قد مر بجوار نافذته وهو يصرخ ويشتم، ورمى شيئاً كان بيده على (**جوناي**)، فتلقّى (**جوناي**) هذا الشيء برأسه، واتضح انه كبسولة فضلات حيوانٍ ما، وقد تفجّرت على رأس (**جوناي**)، فصبغت رأسه ووجهه وإطار النافذة التي يطلّ منها.

ما كاد (**جوناي**) يمسح الفضلات النتنة من عينيه حتى أجفل من صوت انفجار مفاجئ شديد اقتلعه من مكانه وجعله

يقفز إلى الخلف داخل الغرفة، كان الانفجار على مقربة من منزله، تَبِع صوت الانفجار أصوات صراخ ما لبثت أن غطّت عليها هتافات الجحافل التي تصاعدت حدّتها وزاد هياجها.

اعتدّل (**جوناي**) في مكانه وهو يتفحّص جسده إن كان قد أُصيب، وقد أحس بالحيرة والاضطراب مما يحدث، قاطَع تفكيره هذا صوت انفجار ثانٍ أبعد قليلاً، ثم ثالث، ثم رابع، ***يا للهول، أنحن في حرب؟!***

كان عمر (**جوناي**) قد قارب ال **3600** عاماً[1]، وخلال سنين حياته هذه لم يسمع أو يُشاهد أو يختبر شيئاً كهذا، رغم إنه يُعتبر صغير السن. كان يفكّر: ***"ماذا حدث للناس؟! هل حدث خلل في برمجة شرائحهم الدماغية؟ أم قد تعرّضوا لموجات جاذبية عطّلت جهازاً ما في أنظمتهم العصبية؟!"***، وبينما كان يفكّر، أتاه إشعار تخاطري على شريحته الدماغية يستأذن منه بتلقّي مكالمة طارئة من رئيس مجلس إدارة كوكب **"أميراندا"**. استقبل (**جوناي**) المكالمة،

---

[1] في المستقبل، سيتوصل البشر الى تقنيات هندسة وراثية وبعض التقنيات الأخرى التي ستطيل من عمر الإنسان بصورة كبيرة.

ودوى صوت في رأسه: ***"سمو العالِم (لانكو جوناي)، الأمر طارئ ومستعجل، يجب حضورك فوراً إلى مقر إدارة الكوكب، لا تتأخر، نحن بانتظارك"***.

كوكب **"أميراندا"** هو أحد الكواكب الـ **54** التي يستوطنها الجنس البشري، يدور هذا الكوكب مع كوكبين آخرين حول نجم يُسمّيه السكان المحليين **"يوسا"**. أحد الكوكبين الآخرين يُدعى **"إيرابو"**، وهو أكبر من **"أميراندا"** وأبعد منه عن **"يوسا"**، والآخر يُدعى **"زورين"**، وهو الأصغر بين هذه الكواكب والأقرب إلى نجمه، ويُعتبر كمصنع ومُحوّل طاقة هائل الحجم يزوّد الطاقة إلى نطاق الكواكب القريبة منه. تقع مجموعة **"يوسا"** الكوكبية في مجرّة **"ميلكوميدا[2]"**، في المنطقة التي كانت تُعرف سابقاً بـ **"سديم الجبّار"**. كل كوكب يُحكَم من قِبَل مجلس إدارة محلّي، يخضع بدوره إلى قيادة مجلس إقليمي يضم عِدّة مجموعات نجمية، والمجالس

---

[2] بعد حوالي ملياري عام من الآن، سيحدث اصطدام بين مجرّتي درب التبّانة Milky way ومجرّة "المرأة المسلسلة Andromeda"، هذا التصادم سيؤدّي الى خلق مجرة كبرى ناتجة من اتحاد المجرتين، يُطلق العلماء على هذه المجرّة الكبيرة اسم "ميلكوميدا".

الإقليمية تخضع إدارياً لحكم القيادة العامة للإمبراطورية البشرية التي يقع مقرّها في مجموعة نجميّة قرب مركز المجرّة.

كان مجلس إدارة كوكب **"أميراندا"** قد أعلن قبل قليل عن خبر صادم، فقد أعلن عن إن المحطّة الفضائية التابعة لقسم البحث في مجلس إدارة الكوكب قد رصدت ابتلاع النجم **"سولي[3]"** لكوكب **"إيراثون[4]"**.

مجموعة **"يوسا"** النجمية هي أقرب مجموعة نجمية لِما كان يُعرف سابقاً بـ **"المجموعة الشمسية"**، والتي كانت هي الموطن الأصلي لأسلاف البشر الحاليين، وكذلك تُعتبر هي المقر الرئيسي ومعقل ديانة **"الهوزونغا"** التي تُعتبر هي الديانة الأولى للبشر، وهي

---

[3] يتخيّل المؤلف، بأنه بعد بضع مليارات من السنين، سيكون اسم "الشمس" لدى البشر هو "سولي"، وهي كلمة مُشتقّة من الاسم القديم -من وجهة نظر القصة- "سول".

[4] كلمة "إيراثون Erathon"، هي التسمية اللي يطلقها البشر المستقبليون على كوكب "الأرض"، وهي مشتقّة من كلمة Earth في أحد لغات اسلاف البشر القدماء الذين كانوا يعيشون في ذلك الكوكب من وجهة نظر القصة وخيال المؤلف.

الأقدم والأكبر من حيث عدد الأتباع والانتشار في كافة انحاء الإمبراطورية.

عقيدة **"الهوزونغا"** تقوم على أساس عبادة **"إيراثون"**، فهم يؤمنون بأن **"إيراثون"** هو الإله الحق، وهو في حرب مستمرّة مع الإله الشرير **"سولي"**، ومنذ ملايين السنين وأتباع هذه العقيدة يؤدّون شعائرهم بالحج إلى **"أميراندا"** ومراقبة **"سولي"** وهو يتضخّم شيئاً فشيئاً، فقد أصبح عملاقاً أحمر، وابتلع **"ميراكس[5]"**، الأخ الأصغر لـ **"إيراثون"**، ثم ابتلع **"فينوسا[6]"**، أخت **"إيراثون"** التوأم، واستمر يتضخّم أكثر نحو **"إيراثون"**.

تقول النبوءة بأن **"سولي"** سينتصر أخيراً على **"إيراثون"** ويفترسه، وعندها يجب الثأر للإله **"إيراثون"** وتدمير **"سولي"** وتخليص المؤمنين منه، فهو من طرد أسلاف البشر الأوائل من جنّة **"إيراثون"**، وهو سبب كل خطيئة وإثم يقوم به الإنسان!

---

[5] هو كوكب **"عطارد"**، وكلمة "ميراكس" هي كلمة مُشتقّة من كلمة Mercury في لغات اسلاف البشر القدماء من وجهة نظر القصة.

[6] هو كوكب "الزُهرة"، وهي كلمة مُشتقّة من كلمة Venus في اللغة الأثرية القديمة من وجهة نظر القصة.

وصل **(جوناي)** إلى مقر إدارة الكوكب، ودخل مسرعاً متوجّهاً إلى قاعة الاجتماعات، وهناك وجد الجميع بانتظاره، فبعد كل شيء، **(جوناي)** كان مُمثّل القيادة العامة للإمبراطورية في **"أميراندا"**، وكان أيضاً مدير قسم البرمجة العصبية للشرائح الدماغية في مجموعة **"يوسا"** النجمية.

جلس **(جوناي)** حول المنضدة الدائرية الكبيرة المستقرة في مركز القاعة، ولاحظ بالإضافة إلى اعضاء مجلس الإدارة المحلّي وجود أعضاء مجلس القيادة الإقليمية، وكذلك قائد القوّات المسلّحة الإمبراطورية، ولم يكونوا حاضرين بأجسادهم، ولكن بأشكالهم الهولوغرامية.

كانت هناك صوراً هولوغرامية أيضاً ترتفع فوق مركز المنضدة وتنقل أخبار الانتفاضة العارمة للهوزونغيين. قال **(جوناي)** بتململ وهو لايزال تفوح منه رائحة خفيفة من فضلات الحيوانات رغم اغتساله بكثرة: ***"ألا يخبرني أحد ماذا حدث؟!"***، فانبرى قائد القوّات المسلّحة بالكلام: ***"وكأنك لم تُخمّن يا سمو العالِم!"***، فلم يفهم **(جوناي)** شيئاً، فاستلم رئيس مجلس إدارة الكوكب زمام

الكلام وقال: "***لقد تحقّقت نبوءة الهوزونغيين يا جوناي***"، فقطّب (**جوناي**) حاجبيه وقال: "***أي نبوءة ؟!***" ثم تذكّر واستأنف كلامه: "***هل وصل غلاف سولي الخارجي إلى إيراثون؟***"، فأكّد رئيس المجلس كلامه بإيماءة من رأسه، فاستدرك (**جوناي**) قائلاً: "***ولكنها لم تكن نبوءة أبداً، إنها حقيقة علمية ومصير محتوم، كلنا نعلم بأن سولي قد استهلك وقوده وتحوّل إلى عملاق أحمر، هذا ما جعل البشر يهجرون موطنهم الأصلي من الأساس، وقد ابتلع قبله ميراكس وفينوسا، كانت مجرد مسألة وقت لا أكثر، والكل يعلم ذلك سواء أكانوا هوزونغيين أم غيرهم، فما الذي حدث؟!***".

"***الذي حدث ...***"، والكلام هنا لمدير القوّات المسلّحة، "***إن عَبَدة إيراثون هؤلاء يروَن إن دينهم يُوجِب عليهم الأخذ بالثأر لإيراثون من سولي***". فقال (**جوناي**): "***أي ثأر؟! إيراثون هو أصلاً كوكب قاحل وميت مُنذ مليارات السنين، لم يكن احتراقه بلهيب سولي يُغيّر في الأمر شيئاً***"، فقال القائد: "***ومنذ متى وبني البشر يقنعون بأي نقاش في دينهم؟! كل مجموعة ترى إن دينها هو دين الحق وإنهم يملكون الحقيقة الكاملة دوناً عمّن سواهم***"، فقال

(جوناي) بنفاذ صبر: **"*حسناً، فليأخذوا بالثأر من سولي، إنه نجم بعيد، أطلقوا عليه قذيفة مادة مضادّة*[7] *وافنوه وادرؤوا الفتنة*"**، فردّ القائد: **"*يا حبذا لو كان الأمر بهذه السهولة، ولكن هذا لن يحلّ شيئًا، أنت لا تُدرك خطورة الأمر، إن هؤلاء الرُعاع يطالبون بالثأر منّا نحن، ويُريدون إسقاط النظام. إن كاهنهم الأعلى، أو ما يلقّبونه "ابن إيراثون"، يخطِب في هذه اللحظة فيهم في معبد إيراثون الكبير على مقربة منّا، ويدعوهم فيه إلى الثورة وإسقاط الإمبراطورية، حيث إنه يتّهم النظام بأنه هو من تسبّب بذنوبه وخطاياه في تحوّل سولي إلى وحشٍ عملاق أحمر ملتهب يقضي على الآلهة الخيّرة، أنظر*"**. وجّه **(جوناي)** نظره نحو مركز الطاولة ليُشاهد عَرضاً هولوغرامياً لكاهن الهوزونغيين الأعلى وهو يخطِب في حشود عظيمة مرتدياً عباءة فضفاضة ملوّنة بالأخضر والأزرق والبني. استمع **(جوناي)** قليلاً إلى خُطبة **"ابن إيراثون"** الحماسية وهو

[7] المادة المضادّة، هي مادّة تطابق المادة العادية في كل شيء، سوى في قطبية شحنات الجسيمات الذرية، ففيها يكون البروتون سالب الشحنة، والإلكترون موجب الشحنة، وحينما تصطدم المادة المضادة بالمادة العادية، فإنهما يُفنيان بعضهما بعضاً بانفجار مهيب يحرر طاقة عظيمة.

يدعو اتباعه إلى التسلّح، ثم التفت إلى الحضور وقال بارتباك: ***"إنه أمر جلل، فالهوزونغا هي أكبر ديانة عند البشر، وأتباعها يصل تعدادهم إلى نصف عدد البشرية جمعاء، لم تشهد البشرية أي حرب أو قتال منذ ملايين السنين، انها كارثة عظيمة، ماذا سنفعل ؟!".***

ابتسم القائد وقال: ***"بل قُل ماذا ستفعل يا سمو العالِم"***، ثم استأنف: ***"إن تسلّحَت هذه المليارات من البشر، فلن يسقط النظام وحسب، بل سَتَفنى البشرية كلها، وستضيع حضارة الإنسان التي بناها على مدى ملايين السنين، إن الفوضى الآن تعمّ في 50 كوكبًا من كواكب الإمبراطورية، وهناك هجمات حدثت في كل أرجاء الإمبراطورية، لذا يجب علينا اتخاذ تدابير وقائية، قد تكون هذه التدابير مُحرّمة، ولكن للضرورة أحكام"***. زاد ارتباك (**جوناي**)، فقد كان يعلم ما الذي يريده القائد، كان يفكّر فيه طوال طريقه إلى مقر إدارة الكوكب، وكان يخشى أن يكون هذا هو سبب استدعاءه.

استأنف القائد كلامه: ***"لا بد من إعادة برمجة شرائحهم الدماغية، يجب أن يتخلّوا عن فكرة العُنف وحمل السلاح ضد***

النظام، إنه أمر غير قانوني وبغيض، ولكنه ضروري، وهو ثمن زهيد لنجاة البشرية". أطرق (**جوناي**) برأسه، فقد طُلب منه ما كان يخشاه. إن الحضارة البشرية الحالية بُنيت على أساس احترام الحُرّيات والخصوصية والسلام، فكيف يخترق أدمغة مليارات البشر ويتحكّم فيها؟

رفع (**جوناي**) رأسه وقال: "***سيادة القائد، أنت تطلب مني المستحيل، بغض النظر عن المعوِّقات الفنّية، واستهلاك الطاقة الهائل، واستنزاف موارد كوكب زورين كلها، إنه أمر غير أخلاقي وغير قانوني، ولن تُوافق عليه قيادة الإمبراطورية ولا المجلس العلمي الإمبراطوري الأعلى، أنت تطلب مني أن أخون الحضارة البشرية***". فقال القائد بحزم "***خيانة الحضارة البشرية أهون من فقدانها، ولكنك لن تعيد برمجة كل أدمغة الهوزونغيين، يكفينا شخص واحد. هذا مرسوم امبراطوري يا سمو العالِم، مُرفق مع توصية من المجلس العلمي الأعلى يأمُرك فيه بإعادة برمجة الشريحة الدماغية للكاهن الهوزونغي الأعلى ليهدأ قليلاً ويأمر أتباعه بالتخلّي عن السلاح والعودة إلى حياتهم الطبيعية***".

استلم (**جوناي**) الأمر الخطّي على شريحته الدماغية، وفكّر:

"كوكب ميت منسي بعيد، يؤثر على حضارة عظيمة منتشرة في أنحاء المجرّة، إنها سخرية، فمهما تطوّر البشر، فسيبقَون دائماً مُعرّضين للتأثير من قِبَل كل مجنون يوهمهم بالخرافات. حسناً، كَبْح جِماح مجنون واحد ليس أمراً سيئاً بالمقارنة مع الحفاظ على النظام والسلم في أنحاء المجرّة".

أصدر دماغ (**جوناي**) خطاباً خطّياً بقبول الأمر.. ***عُلم وتم.***

*****

في كتابه الصغير **"المرسال الفلكي"**، والمنشور في (**البندقية**)، في (**إيطاليا**)، عام **1610**م، ذَكَر (**غاليليو غاليلي**) أول وصف للسماء كما يُمكن مشاهدتها من خلال التلسكوب، بما في ذلك وصف لبقع الضوء في درب التبّانة، قال (**غاليليو**) وهو لا يكاد يتمالك نفسه:

"بالإمكان رؤية الطريق اللبني نفسه بواسطة المنظار بوضوح شديد، حتى إن جميع النقاشات التي حيّرت الفلاسفة لأجيال عديدة ستتبدّد على الفور على يد الحقيقة المنظورة، وسوف

تتحرّر بهذا من الجدال اللفظي، فالمجرّة ماهي إلا تجمّع لعدد لا يُحصى من النجوم الموزّعة في عناقيد. وأينما وجّهت منظارك فستلقى عدداً مَهولاً من النجوم أمامك، بعضها يبدو ضخماً إلى حدٍّ ما، ويسهل تمييزه، لكن أغلب النجوم صغيرة ويصعب تمييزها."

كانت المناطق المُكتظّة بالنجوم في درب التبّانة التي وصفها (**غاليليو**) هي موضع الاهتمام الحقيقي لعلماء الفلك، ولم يكن أحد يهتم بالمناطق المظلمة التي لا تحتوي على أي نجوم منظورة، فالمناطق المظلمة، بناءً على مظهرها، هي على الأرجح ثقوب كونية، أو فتحات لمناطق خاوية لا نهاية لها من الفضاء.

مرّت ثلاثة قرون قبل أن يتوصّل أحدهم لماهيّة البقع المظلمة في مجرّة درب التبّانة، وإنها ليست ثقوباً بل تتكوّن في الحقيقة من سُحُب كثيفة من الغازات والغبار تحجب عنّا ضوء النجوم القابعة خلفها، وتحتوي في أعماقها على الحاضنات النجمية.

الهيدروجين والهيليوم العاديّان هُما المُكوّنان الرئيسيان للسُحُب الغازيّة الكونية التي يُطلق عليها تسمية **"السُدُم"**،

بالإضافة إلى عناصر أخرى تقوم بتكوين جُزيئات، تنمو هذه الجزيئات إلى أحجام كبيرة جداً بحيث يتعذّر تسميتها بالجزيئات، حيث تحتوي على مئات الآلاف أو حتى على ملايين الذرّات في كل منها، لذا يُطلق عليها تسمية **"الغبار"**. وهو ليس كالغبار المنزلي الذي يتكّون في الغالب من خلايا الجلد البشري الميتة.

إذا بردت هذه السحابة لدرجة حرارة منخفضة ملائمة، أقل من **100** درجة فوق **الصفر المُطلَق**[8]، تلتصق الذرّات المؤلِّفة لها عند اصطدامها ببعضها البعض. تبدأ ولادة النجم بانهيار بعض مناطق السحابة تحت قوى جاذبيتها. تلك السحابة قد يصل اتساعها نحو **100** سنة ضوئية، وتحتوي على هيدروجين بنسبة **75%** وهيليوم نحو **23%**، والباقي غبار كوني مُكوّن من عناصر ثقيلة تكفي لإنتاج نحو **6** مليون كتلة شمسية! عندما تنكمش تلك السحابة الجزيئية فهي تنقسم إلى عِدّة أجزاء تتكوّر كل منها تحت تأثير قوّة الجاذبية، انكماش الغاز وانضغاطه يجعل من الذرّات والجزيئات

[8] الصفر المطلق، هي درجة الحرارة التي ينعدم عندها ضغط الغاز، والتي تكون درجة حرارة المادة فيها أقل ما يمكن أن تصل إليه إطلاقاً. وتقضي بأن جميع ذرات أو جزيئات المادة تكون لها أقل طاقة في تلك الحالة. وتُعادل 273.15 درجة سيليزية تحت الصفر.

شديدة التلاصق، وتتحرّر طاقة من هذا الضغط الهائل، وتتحوّل تلك الطاقة إلى طاقة حرارية. ترتفع درجة حرارة الكرة الغازيّة المتكوّنة، كما يرتفع الضغط فيها، وتبدأ في الدوران حول نفسها فتصبح كرة غازيّة دوّارة، يستمر النجم المتكوّن في الانكماش ويكون قد اتخذ شكله الكروي، وهو يحتوي على الغاز والغبار الذي حصل عليهما من السحابة الجزيئية، ويُحدِّد حجمه كُتلة الغاز والغبار التي تجمّعت فيه وكوّنته.

في نهاية الأمر، وإن كانت الكتلة كبيرة بما يكفي، فسيولّد ضغط الجاذبية الكبير حرارة قدرها **10** ملايين درجة فوق الصفر المطلق، وفي درجة الحرارة الجبّارة تلك، بعض البروتونات، والتي هي ببساطة عبارة عن ذرّات هيدروجين هربت منها إلكتروناتها للنجاة بنفسها من الضغط والحرارة الجهنميّان، أصبحت تتحرّك بسرعة كافية للتغلّب على قوى التنافر بينها، حيث يجعلها الضغط الشديد ودرجة الحرارة الهائلة تنطلق كالمجنونة بطريقة تُمكّنها من الاقتراب من بعضها البعض وكأنها لا تكترث لقوى التنافر بين الشحنات، وكعاشِقَين مُتخاصمَين قَضَيا وقتاً طويلاً في الخصومة واشتعل

الشوق فيهما حينما اقترب أحدهما من الآخر، فيحتضن أحدهما الآخر بلهفة. هذا الاقتراب سيكون كافياً لكي تتكفّل **"القوّة النووية القوية**[9]**"** بالباقي، تلك القوّة نفسها التي تربط البروتونات والنيوترونات ببعضها في أنوية الذرّات الأكبر من الهيدروجين. يجعل الدخول في مجال **"القوّة النووية القوية"** البروتون يحتضن البروتون ويلتصق به بشدّة مُطلِقاً طاقة هائلة على شكل حرارة وضوء، وهذا هو أساس ما يُدعى بـ **"الاندماج النووي"**.

لا يقتصر الاندماج فقط على البروتونات، فالإلكترونات التي هربت من مداراتها حول نواة الهيدروجين طلباً للنجاة من هذا الجحيم، أصبحت تتحرك بسرعة شديدة أيضاً، فلا يوجد شيء يُمكن له أن يتحمل هذا الضغط والحرارة، ولكن احتشاد الجسيمات وتزاحمها وكل منها يُريد النفاذ بجلده، يجعل من الإلكترون سالب الشحنة يصطدم ببروتون موجب الشحنة عاجلاً

---

[9] وهي احدى القوى الأساسية الأربع وأقواها، تلك القوة تعمل في مجال لا يتجاوز حدود النواة الذرية، فهي اللاصق الذي يلصق البروتونات مع بعضها البعض رغماً عن أنف قطبيّتها المتطابقة، تُعتبر هذه القوة أقوى من الجاذبية بـ 10^{39} مرة، ولكن مداها لا يتجاوز 1 فيمتو متر.

أم آجلاً. هذا الاصطدام سيَدمج الإلكترون بالبروتون ليتكوّن نيوترون عديم الشحنة.

تستمر سلسلة الاندماج النووي تلك، ليندمج بروتون ما مع نيوترون، لتتكوّن نواة **"الديوتيريوم[10]"**، التي بدورها تندمج مع نواة ديوتيريوم أخرى، وبذلك تتكوّن نواة تحتوي على بروتونين ونيوترونين، وهذه هي نواة عنصر الهيليوم.

مع انتشار الطاقة المُنتَجة حديثاً من تفاعل الاندماج النووي إلى الخارج، والذي قد يستغرق مئات الآلاف من السنين، يَسخن الغاز، ويسطع النجم بأول نور ينبعث منه. في نجم كتلته مقاربة لكتلة نجمنا الشمس، يستغرق الفوتون الضوئي **مليون** عام حتى يستطيع الخروج من قلب الجحيم إلى سطح النجم لينتشر في

[10] ويُسمّى "الهيدروجين الثقيل"، وهو أحد نظائر عنصر الهيدروجين، حيث أن الشكل الشائع لذرّة الهيدروجين هو ذرّة مكونة من بروتون واحد فقط، وهذا هو النظير الأول للهيدروجين وأكثر تلك النظائر شهرة ويُسمّى أحياناً بـ "البروتيوم". وهناك نظير ثالث للهيدروجين يُسمّى "التريتيوم" وتكون نواة ذرة الهيدروجين في هذه الحالة مكونة من بروتون واحد ونيوترونين اثنين، والتريتيوم هو أثقل نظائر الهيدروجين الطبيعية وأكثرها ندرة.

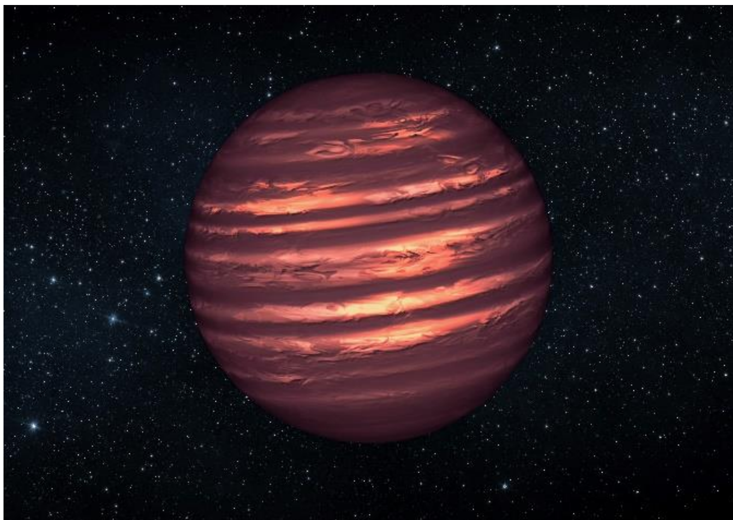
الفضاء على شكل ضوء. وهنا يمكننا أن نزفّ الخبر لمجرّة درب التبّانة بأنها رُزقت بمولد نجم جديد.

تبدأ حياة النجم برقصة تحدّي، بين ثقل جاذبية كتلته الذي يُحاول أن يسحق النجم تحته ويسحبه إلى الداخل بلا رحمة، وبين حرارته اللاهبة والانفجارات النووية التي تعصف بأحشاء النجم وتحاول تمزيقه إلى الخارج، وتستمر هذه المعركة طيلة حياة النجم المسكين الذي يشكو ألمه حرارةً وضوءً.

يستطيع السديم تكوين العديد من الجيوب الغازيّة الباردة التي تنهار على نفسها في الوقت عينه بحيث تتولّد منها نجوم جديدة، بعضها صغير الحجم وبعضها عملاق. لكن عادة ما يكون عدد النجوم صغيرة الحجم أكبر بكثير، فمقابل كل نجم كبير وعالي الكتلة، تُولد آلاف النجوم الصغيرة.

إن الجيوب الغازيّة المُنهارة على نفسها ذات الكتلة الأقل من **10%** من كُتلة الشمس، تكون طاقة الجاذبية لديها ضعيفة لدرجة لا يُمكنها توليد الضغط الكافي لرفع درجة حرارة قلبها إلى العشرة ملايين درجة المطلوبة لحدوث تفاعل الاندماج النووي، في

هذه الحالة لن يُولد نجم، بل ستكون النتيجة إجهاض السديم لجنين نجمي غير مُكتمل، جسماً يُسمّى **"القزم البُنّي"**. ولعدم وجود مصدر طاقة خاص بالقزم البُنّي فهو يخبو بمعدل ثابت، ويشعّ مقداراً يسيراً من الضوء المتولّد خلال عملية الانهيار الأولى. **شكل 7-1**.



شكل 7-1: صورة افتراضية للقزم البني كما تخيّله أحد الفنّانين

سديم الجبّار، **شكل 7-2**، الواقع أدنى النجوم الثلاثة المكوِّنة لِما يُعرف بـ **"حِزام الجبّار"**، يُعتبر أقرب مستشفى ولادة كونية إلينا. وُلِدت آلاف النجوم داخل هذا السديم، وهناك آلاف غيرها لازالت أمشاجٌ في رحم السديم تنتظر التكوّن، وسريعاً ما سيتكوّن عنقود نجمي عملاق يصبح مرئياً أكثر وأكثر للكون مع

تبدّد السديم. إن أكبر النجوم الجديدة حجماً، والتي تُشكّل ما يُعرف بـ **"مَعين الجبّار"**، تعمل بشكل دؤوب على نخر ثقب عملاق في منتصف السحابة التي تكوّنت منها. تكشف صور تلسكوب **"هابل"** الفضائي لهذه المنطقة عن وجود المئات من النجوم الجديدة، وكل نجم مُحاط بقرص كوكبي ناشئ مُكوّن من الغبار والجزيئات الأخرى الآتية من السحابة الأصلية، وداخل هذه الأقراص ستبدأ مجموعات الكواكب في التكوّن.



شكل 7-2: سديم الجبّار Orion Nebula

قبل **خمس مليارات** عام تقريباً، تكوّن نجمنا **"الشمس"** من سحابة غازيّة عملاقة كانت عبارة عن حطام نجوم ميّتة. وتكوّنت كواكبها، وبضمنها الأرض، من نفس السحابة الغازيّة الغبارية. في الوقت الحالي، فقد انقشعت السحابة، واختفت شقيقات الشمس من النجوم الأخرى، فمنها ما بَقي على قيد الحياة، ومنها من لم يَنجُ.

يُقدّر أن الشمس يُمكن أن تبقى مشتعلة على مدى **عشرة مليارات** عام على مخزونها من الهيدروجين الذي بدأت به، وحالياً فقد استنزف نجمنا نصف مخزونه تقريباً من الهيدروجين وتبقّى من عمره **خمس مليارات** عام.

الشمس هي نجم ضعيف الكتلة إلى حدٍ ما، وهو يشتعل بثبات بواسطة وقوده من الهيدروجين محوّلاً إياه إلى هيليوم. إن الهيليوم هو عنصر أثقل من الهيدروجين، لذا يستوطن عادة في نواة الشمس المركزية التي هي خاملة من ناحية التفاعلات النووية، لذا فإن الاندماج النووي للهيدروجين يستمر على سطح هذه النواة، ولهذا فإن النواة بالذات غير قادرة على الإسهام في توليد الحرارة اللازمة لتسليح الشمس في مواجهة جبروت جاذبيتها الخاصة

الساحق. ولمنع الانهيار، لابد للشمس من توسيع نشاطها النووي نحو الخارج بحثاً عن هيدروجين جديد بعد أن بدأ مخزونها الأساسي يتناقص. وفي غضون ذلك، تنكمش نواة الهيليوم تدريجياً، ومع الوقت، ستنتفخ الشمس ويتضخّم حجمها شيئاً فشيئاً، ولكن سطحها سيبرد إلى حدٍ ما، مما يُضفي عليها لوناً ضارباً إلى الحُمرة، ويستمر هذا التضخّم والتمدّد والتلّون حتى تتحوّل إلى نجم أحمر عملاق يبلغ حجمه خمسة أضعاف حجمها الآن، وعندها سيتم الإشارة إلى نجمنا الذهبي الجميل باسم **"العملاق الأحمر"**، وكأنها فتاة حسناء قد تورّمت والتهبت وأصبحت وحشاً مصاباً بداء العملَقة.

ومع إن عملاقاً أحمر يكون بارداً نسبياً، فإن حجمه الكبير يُنتج بالضرورة سطحاً مُشعّاً أكبر، وبالتالي تألُّقاً إجمالياً أكثر. ستواجه الشمس وقتاً عصيباً، حيث سيُمزّقها الصراع بين وقودها وجاذبيتها أيُّ مُمَزَّق، وسيُصبح كوكب الأرض، قبل ذلك بوقت طويل، غير صالح للسكنى، فتختفي محيطاته، ويتشقّق غلافه الجوّي، وستغلي القشرة الأرضية وتتفجّر منها البثور الناريّة، أرضنا

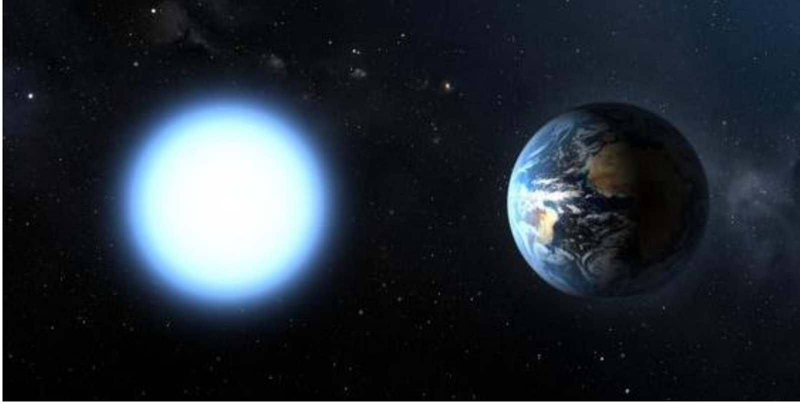
ستصبح جحيماً لا يُطاق. وبما أن الشمس ستستمر بتمدّدها وتضخّمها، فإنها سوف تغمُر بغلافها الناري كوكب **"عُطارد"** الذي سيكون أول الهالكين، ثم **"الزُهرة"**، وأخيراً ستبتلع الأرض، وسيتحول كوكبنا إلى جمرة فضائية تتشبّث بعناد بمدارها حتى بعد احتراقها، ربما كان كوكبنا وفيّاً، أو ربما إنه غير مُصدّق بأنه كان كل تلك الدهور مخدوعاً ويطوف بخضوع حول وحش ينوي افتراسه.

إن سبب بقاء الأرض في مدارها حتى بعد احتراقها، هو إن ما يجذبها فعلاً ويجعلها تدور حوله هو مركز جاذبية الشمس، الذي لا يزال هناك داخل النواة في نفس مكانه القديم، وما غلاف الشمس الحارق الذي غمرها إلا غازات الشمس الهاربة من الأتون، والتي تكون جاذبيتها ضعيفة جداً وتمارس جذباً بسيطاً على حركة الأرض.

المراحل التالية في سيرة احتضار الشمس ستكون معقّدة، وشاذّة، وعنيفة، وتترافق مع تبدّلات مفاجئة في السلوك والمظهر، وقد تقضي الشمس ملايين السنين في حالة خَفَقان، أو تُلقي قذائف الغاز وكأنها مجنون يرمي الناس بالأحجار، وقد يشتعل الهيليوم في

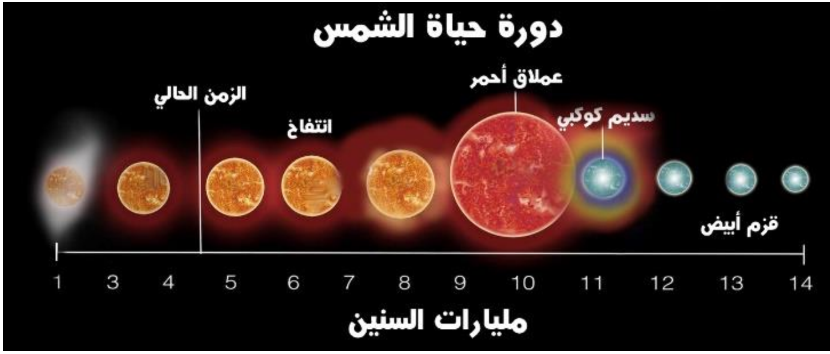
نواتها لتشكيل الكاربون، والنتروجين، وربما الأوكسجين، وبذلك تتأمن طاقة نووية تُساعد النجم على الاستمرار بالضياء فترة أطول.

بعد هذه الفترة المرهقة من ألم الاحتضار، تستسلم الشمس إلى الجاذبية وتنهار، والانهيار لا يرحم، ويتواصل الانكماش القاسي حتى ينضغط النجم إلى حجم كوكب صغير، عندها ستصبح الشمس جسماً يُسمّى **"القزَم الأبيض"، شكل 7-3.** وبما إن الأقزام البيضاء صغيرة جداً، فإنها تكون مُعتمة جداً، على الرغم من إن درجات الحرارة على سطوحها يُمكن أن تكون أكبر من درجة حرارة الشمس الاصلية.



شكل 7-3: حجم القزم الأبيض بالمقارنة مع حجم كوكب الأرض.

إن قَدَر شمسنا أن تصبح قزماً أبيض في المستقبل البعيد. وعندما تبلغ ذلك الطور، فإنها سوف تبقى حارّة على مدى مليارات عديدة من السنين، ولكن بما إن قلبها سيموت، والفرن النووي الداخلي سيُغلق نهائياً، فلن تكون هناك احتياطيات من الوقود لتعويض التسرّب البطيء للحرارة منها إلى أعماق الفضاء البارد، فقد حدث آخر اندماج نووي منذ دهر بعيد، والحرارة التي بَقيَت فيها هي كل ما تبقّى لديها من ذكريات عالم ساحر كانت فيه هي السلطانة المُطلَقة، وكان لديها خدم وحاشية وعِزٌّ وجاه، وكان شعرها الذهبي الدافئ ينسدل على أكتاف الكواكب، وكحُلُم جميل أخذ يخبو شيئاً فشيئاً، سوف يبرد ويُظلِم القزم الذي كان مرة شمسنا الجبّارة، وببطء بالغ، تتصلّب تدريجياً إلى كرة كريستالية ذات صلابة استثنائية، وبعد وقت طويل جداً، وأخيراً، تتلاشى تماماً وتبتلعها ظلمة الفضاء.



شكل 7-4: دورة حياة الشمس.

أحياناً، في الأنظمة النجمية الثنائية[11]، حين يتحوّل أحد النجمين إلى قزم أبيض، يقوم بسرقة الغاز من النجم المرافق له. وعندما يجمع القزم الأبيض ما يكفي من الغازات على سطحه، يحدث اشتعال بسيط بين ذرّات الغاز مما يُسبّب حدوث انفجار على سطح النجم، فيزداد لمعانه حتى ملايين المرّات عن المعتاد لفترة قصيرة من الزمن، ويستمر اللمعان مع استمرار سرقة الغاز من

---

[11] هو نظام نجمي يتكوّن من نجمين يدوران حول مركز الجاذبية بينهما. يُطلق على الأنظمة النجمية المكوّنَة من أكثر من نجمين اسم النظام النجمي المتعدد. تظهر هذه الأنظمة وخاصة عندما تكون شديدة البعد بأنها نقطة ضوئية واحدة وخاصة للعين المجردة، ولكنها تظهر على حقيقتها باستخدام طرق الرؤية الأخرى كالتلسكوبات. تقترح الأبحاث في القرنين الأخيرين أن نصف وربما أكثر النجوم المرئية في سماء الليل هي جزء من أنظمة نجمية متعددة.

النجم الغافل المرافق، فتنشأ توهّجات عبر فترات زمنية مُنتظمة، يُدعى النجم في هذه الحالة بـ "**المُستعِر**" أو "**نوفا**[12]".

لن يحصل هذا الأمر مع نجمنا الشمس، فشمسنا ستموت وحيدة غريبة في ظلام الكون، وهذا المصير الكئيب الباعث للحزن، يقابله مصير مثير وأكثر حماساً للنجوم الأكبر بمقدار **10** مرات من الشمس، وكمحارب بطل يُفضّل الموت في أرض المعركة بطريقة درامية، يكون موت النجوم العملاقة حَدَثاً كونيّاً جبّاراً يبعث على الرهبة.

إن النجوم الكبيرة، تحرق وقودها الهيدروجيني بسرعة أكبر، ويستنزف النجم الضخم كل مخزونه الاستراتيجي من الهيدروجين في فترة قصيرة تُقاس بملايين السنين فقط! وبعد أن يتم تحويل كل الهيدروجين في قلب النجم إلى هيليوم، فإن كُتلة النجم الهائلة وضغطه العظيم سيوّلدان حرارة مرتفعة بما يكفي لاشتعال الهيليوم نفسه، فيبدأ الطور الثاني من حياة النجم، ولكن هذه المرة سيقوم بدمج نوى الهيليوم بدلاً من الهيدروجين. إن اندماج نواة هيليوم

---

[12] وتعني "جديد" في اللغة اللاتينية.

ذات بروتونين ونيوترونين مع نواة هيليوم أخرى سيُنتج نواة الكاربون التي تحتوي على أربع بروتونات وأربع نيوترونات، ويستمر هذا التفاعل الاندماجي النووي لتشكيل الكاربون في قلب النجم، ولن يتوقّف هذا التفاعل كحال النجوم الصغيرة أو المتوسّطة كنجمنا، فهذا العملاق وحش متعطّش للدمج النووي ولن يوقفه شيء، فبعد دمج الهيليوم سيقوم بدمج الكاربون لتشكيل الأوكسجين، ثم يدمج الأوكسجين لتشكيل عنصر النيون، وهكذا. يُمكن لنجم ضخم أن يُولّد درجات حرارة تتجاوز المليار درجة مئوية لتُقدّم هذه السلسلة من التفاعلات النووية المتتابعة، ولكن العائدات تتناقص شيئاً فشيئاً، والمخزون بدأ ينفذ، فالطاقة المُنطلقة من النجم -على شكل حرارة وضوء- تتناقص مع تشكيل كل عنصر جديد، وتتزايد سرعة احتراق الوقود، حتى إن تركيب النجم يتغيّر شهريّاً، ثم يوميّاً، ثم كل ساعة، ويصبح قلبه شبيهاً ببصلة ذات طبقات مكوّنة من عناصر كيميائية متتالية في الجدول الدوري وبسرعة جنونية.

لا يتحمّل النجم الضخم هذا الاحتشاد في العناصر الثقيلة داخله، فيتورّم وينتفخ حجمه بصورة هائلة حتى يصبح أكبر من منظومتنا الشمسية بكاملها، ليُصبح ما يُسمّيه الفلكيّون **"العملاق الفائق الأحمر"**.

العملاق الفائق الأحمر المُسمّى **"ستيفنسون 2-18"**، والذي يقع في كوكبة **"الترس"** على بعد **20** ألف سنة ضوئية عن الأرض، هو أكبر النجوم المعروفة في الكون لغاية الآن -وقت الطبعة الثانية لهذا الكتاب في عام **2024**م-، ويُقدّر حجمه بـ **2158** ضعف حجم الشمس، ولو وِضَع في المجموعة الشمسية بدلاً من الشمس، فسيتجاوز حجمه مدار كوكب **"زُحل"**.

يستمر هذا العملاق المتجبّر بحرق وقوده وتشكيل عناصر جديدة، حتى يصل إلى ما لا يستطيع معه احتمالاً، بتشكيل عنصر الحديد، الذي يمتلك بِنية ذريّة مُستقرّة جداً، وحينها فقد وصل النجم إلى نهاية سلسلة الاحتراق النووي، فتركيب العناصر الأثقل من الحديد بالاندماج النووي لا يقوى عليه حتى ذلك النجم العملاق،

فهو يُكلّف طاقة أكثر مما يُحرّره منها. وفي الوقت الذي يصل فيه النجم إلى تركيب نواة من حديد، فسيكون قد قُضي عليه بالهلاك.

كانت جاذبية النجم، ومُنذ ولادته، تُحاول سحقه بأيديها، ولكنها كانت تلاقي مُقاومة شديدة من الفعاليات النووية الحرارية، فخضعت وكَفَّت عن مُضايقة النجم، ولكن حينما تضعف قدرة النجم عن القيام بالتفاعل النووي، وتقل الطاقة الحرارية اللازمة لكبح جِماح الجاذبية، فإن الاحتمالات تميل بشكل مُهلك لصالح الجاذبية، وتُحكِم قبضتها على النجم، فيترنّح النجم على حافة عدم الاستقرار الكارثي، وينقلب أخيراً إلى حفرة جاذبيته. إنه يهوي نحو الموت.

يحدث كل شيء بسرعة هائلة، تفقد النواة الحديدية الثقيلة للنجم قدرتها على إنتاج حرارة عن طريق الاحتراق النووي، ولا يُمكنها أن تُسيطر على نفسها وتتحكم بثقلها الخاص، فتنكمش بقوة وعنف كبير تحت الجاذبية حتى إن الذرّات نفسها تنسحق، حيث ستصل كثافة القلب إلى مستويات مجنونة، حتى إن مقدار

ملعقة شاي منها يزن **تريليون** طن! وسينكمش النجم وينضغط حجمه حتى يصل قطره إلى **200** كيلومتر فقط!

كل ذلك سيحدث، في غضون بضعة أجزاء من الألف من الثانية، وعندما تنتشر مأساة الضغط الشديد والكثافة العالية في مركز النجم، فإن الطبقات المُحيطة بالقلب من المادة النجمية ستنهار على النواة بهزّة كارثيّة مُفاجئة وصادمة، وتَتَقهقر من سُلطان بحجم المجموعة الشمسية نحو كرة حديدية صغيرة أشدّ صلابة من الماس. تتهاوى مادة النجم الهائلة برمّتها على رأس مركزه الحديدي، فتواجه نواة النجم تريليونات فوق تريليونات من المادة النجميّة المتفجّرة المسعورة وكأنها تُعاقب نواة النجم على ما حدث، لا تتحمل نواة النجم هذا القصف النجمي الهائل، فتُزمجر غضباً، وتنفجر بوجه المادة المسعورة القادمة نحوها، ويترنّح النجم مذهولاً باصطدام عنيف صاعق، وتنتشر موجة الصدمة إلى الخارج. تقوم موجة الصدمة هذه بتحضير العشاء الأخير، بقوّتها الجبّارة تُشعل نوعاً آخر من الدمج، فتقوم بسحق البروتونات المتطايرة موجبة الشحنة والإلكترونات سالبة الشحنة مع بعضها لتكوين

النيوترونات، يرافق هذا الاندماج الجديد نبضة هائلة من **النيوترينووات**[13] التي تحرّرت فجأة من مناطق النجم الداخلية، فتُصبح نواة النجم عبارة عن كرة عملاقة من النيوترونات. تقوم موجة الصدمة مع النيوترينووات بنقل كمّية عظيمة من الطاقة نحو الطبقات المتراكبة من النجم، فتمتص الطبقات الخارجية كثيراً من هذه الطاقة، فتنفجر في محرقة نووية بضراوة لا تُصدّق تُمزّق أحشاء الفضاء. وعلى مدى بضعة أيام، يشعّ النجم بضوء يُعادل شدّة ضوء عشرة مليارات شمس! ضوء أشد تألّقاً من ضوء كل النجوم في المجرّة مجتمعة.

يُدعى هذا النجم المنفجر بـ **"المُستعر الأعظم"** أو **"السوبر نوفا"**، وقد سَجّلت العديد من الحضارات مشاهداتها للمُستعر الأعظم قبل وقت طويل من اختراع التلسكوبات، حيث

---

[13] هو جسيم أولي بكتلة أصغر كثيراً من كتلة الإلكترون، وليست له شحنة كهربائية، وهو لا يتفاعل مع المادة، لذا فمن الصعب جداً امساكه، فهو يخترق كوكب الأرض وكأنها عدم، وفي الحقيقة فإنه في هذه اللحظة التي تقرأ فيها السطور فإن جسمك يتم الآن قصفه بمليارات النيوترينووات التي تنطلق من الشمس بسرعة الضوء. مؤخراً، امسك العلماء ببعض النيوترينووات في مختبر في اليابان يقع عميقاً داخل سطح الأرض.

إن أقدم مشاهدة مُسجّلة للمُستعر الأعظم كانت في عام **185** قبل الميلاد من قِبَل علماء الفلك الصينيين، وقد أظهرت سجلاتهم إن ما يُدعى بـ **"النجم الضيف"** قد ظَهَر في السماء لمدة **8** أشهُر. أما أشهَر المُستعرات العُظمى المُسجّلة لغاية الآن فهو **"المُستعر الأعظم لسديم السرطان"**، وقد سجّل علماء الفلك الصينيون والكوريون انفجار هذا النجم عام **1054** للميلاد، ومن الممكن أن يكون قد شُوهد من قِبَل السكان الأصليين لقارة أمريكا وفقاً لرسومات صخرية موجودة في (**أريزونا**) و(**نيو مكسيكو**)، كان هذا المُستعر الأعظم ساطعاً جداً لدرجة إن الفلكيين استطاعوا أن يروه بوضوح أثناء النهار. **شكل 7-5.**



شكل 6-5: بقايا المُستعر الأعظم المعروف "مُستعر السرطان" والتي كوّنت "سديم السرطان".

يحدث في المتوسّط مُستعر أعظم كل **50** عام تقريباً في مجرّات بحجم درب التبّانة، ولكن في الكون كله قد ينفجر نجم كل ثانية تقريباً، وبعضها قد لا يكون بعيداً عن كوكب الأرض. إن انفجار المُستعر الأعظم من الشِدّة بحيث إنه قد يُمزّق نسيج الكون ويخلق فقاعة في الزمكان، وانفجار بهذا الرعب إن حدث على بُعد أقل من **25** سنة ضوئية عن الأرض، فإنه سيُفني كل مخلوقات الأرض، وسيجعل الأرض كوكباً خالياً من الحياة.

مع قوّة هذا الحدث الكوني الجبّار، إلا إنه من المدهش إنه ليس النهاية، فمع إن المُستعر الأعظم يُنذر بموت النجم المعني، فإن الانفجار يحمل جانباً خلاقاً بالنسبة له، فهذا الانفجار يُحرّر طاقة هائلة تقوم بتسخين الطبقات الخارجية للنجم المُمزّق إلى حدٍّ فعّال جداً بحيث يُصبح المزيد من تفاعلات الاندماج النووي مُمكناً لفترة قصيرة من الزمن، فيمتص النجم طاقة أكثر مما يُحرّرها، وفي هذا الفرن النجمي الهائل والأشد حرارة، تستمر مسيرة الاندماج وتتشكل العناصر الثقيلة التي تلي الحديد، كالذهب، والرصاص، واليورانيوم. هذه العناصر، مع العناصر الأخرى التي تشكّلت في

مراحل مُبكّرة من التركيب النووي، يتم قذفها إلى الفضاء، لتمتزج هناك ببقايا عدد لا حصر له من المُستعرات والمُستعرات العُظمى الأخرى، وخلال الدهور التالية، تُغرَف هذه العناصر، وتتجمّع، وتمتزج، وتتكثّف، لتكوين سحابات هائلة من الغاز والغبار، حيث يتم استخدامها لإنتاج أجيال جديدة من النجوم والكواكب. ولولا تصنيع عناصر كهذه في قلوب المُستعرات العُظمى، لما أمكن تشكّل الشمس، والمجموعة الشمسية، وكوكبنا الأرض.

إن الكاربون في خلايانا، والأوكسجين الذي نتنفس، والكالسيوم في عظامنا، والحديد في مدننا، والذهب حول معاصم نساءنا، وقُضبان اليورانيوم في مُفاعلاتنا النووية، كلها مدينة بوجودها فينا وحولنا إلى سَكَرات الموت ونزعات الرَمَق الأخير التي عانت منها نجوم جبّارة اختفت تماماً قبل أن تظهر شمسنا إلى الوجود.

إننا رماد نووي لنارٍ كانت تستعر قبل مليارات وملايين السنين. إننا ذكرى بعيدة لمعركة عنيفة حدثت داخل جسم سماوي عظيم الكتلة. إننا محطّة من محطّات رحلة شاقة للذرات خلال **13.7**

مليار عام، وستستمر رحلتها بعدنا لمليارات ومليارات الأعوام. إننا أبناء النجوم.

انفجار المستعر الأعظم لا يُدمّر النجم تماماً، فعلى الرغم من إن هذه الكارثة تُشتّت معظم مادة النجم، فإن النواة المتفجّرة التي قَدَحَت الحادثة تبقى في مكانها، وهي الآن عبارة عن كرة من النيوترونات بحجم بمدينة صغيرة. إن كُتلة هذه النواة تُعادل كُتلة الشمس مضغوطة في كرة يبلغ قطرها **20** كيلومتراً فقط.

صلابة وكثافة هذه الكرة لا يُمكن تصوّرها. هي كرة متكوّنة من نيوترونات فقط، لا إلكترونات ولا بروتونات ولا شيء سوى النيوترون، لذلك يُسمّى النجم حينها بـ **"النجم النيوتروني"**، ويعجبني أن أفكّر بأن النجم النيوتروني هو أكبر نواة ذرّة في الكون!



شكل 7-6: النجم النيوتروني حينما يوضع في مدينة صغيرة على سطح الأرض، بينما كتلته قد تصل إلى ضعف الشمس.

إن الانفجار الضخم للمُستعر الأعظم، يجعل النجم النيوتروني يدور حول نفسه مسعوراً، حيث تصل سُرعة دورانه إلى أكثر من **1000** دورة في الثانية الواحدة، أو ما يعادل **10%** من سُرعة الضوء، وتبلغ قوة الجاذبية لهذا النجم الصغير المخيف ما يُعادل **ملياري** ضِعف الجاذبية على الأرض. هذه الجاذبية تقوم بالتقاط الأشعّة الصادرة من نجوم قريبة أكبر حجماً، تتفاعل تلك الأشعة مع المجال المغناطيسي للنجم النيوتروني حيث إن الأقطاب المغناطيسية الساخنة للنجم تقوم بتسريع الجسيمات في تلك المناطق، لذا تظهر أعمدة أو نَفّاثات قمعية الشكل من قطبي النجم المغناطيسيين، هذه النفّاثات مُتكوّنة من أشعّة عالية القدرة يُمكن

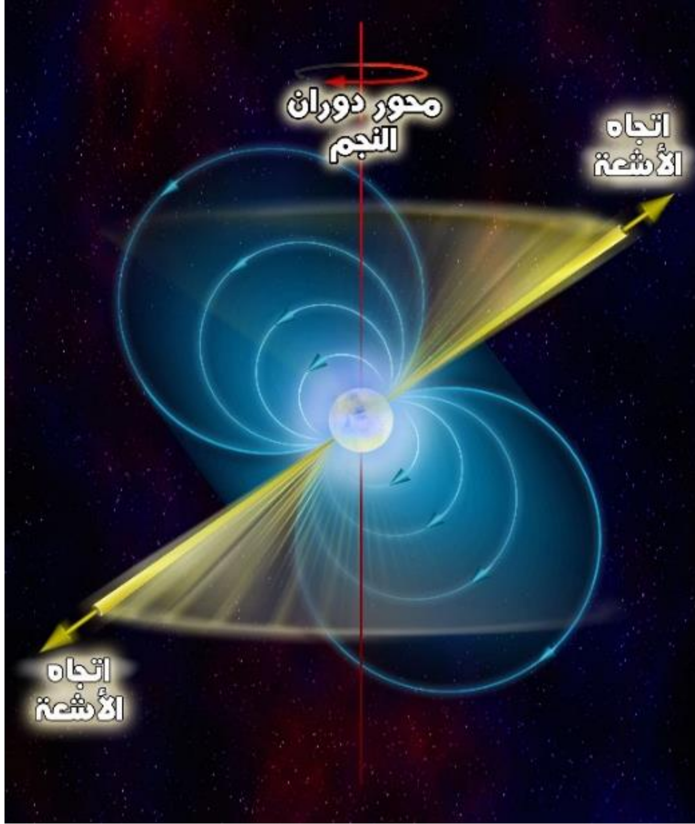
رؤيتها في المجال البصري، تجعل هذه الأعمدة من النجم النيوتروني وكأنه مُحرك فضائي ذو مراوح يدور بسرعة مخيفة.



شكل 7-7: النجم النيوتروني.

إن سرعة دوران النجم النيوتروني تكون بدقّة فائقة تتجاوز دقّة الساعة الذريّة، وإن حدث وكان اتجاه أحد هذين العمودين الضوئيين المنبثقين من أعلى وأسفل النجم النيوتروني باتجاه مُتعامد مع الأرض، فستستقبل الأرض شُعاعاً دوّاراً مُنتظَماً مثل شُعاع المنارة في البحار تجعل من النجم يبدو وكأنه قلب سماويّ نابض، ولذلك يُسمّى **"النجم النابض"** أو **"البولِسار"**.

يكون لهذه النبضات تردّداً واضحاً يُمكن تحويله إلى موجات صوتية، ليظهر صوت كصوت الطرق المُنتظَم، ولذا يُدعى هذا النجم أحياناً **"النجم الطارق"**.



شكل 7-8: البولسار.

إن كانت النواة النجميّة المُتخلّفة من انفجار المُستعر الأعظم تحتوي على كُتلة أكبر من ثلاثة أضعاف كُتلة الشمس،

فإنها لا يُمكن لها أن تستقر كنجم نيوتروني، فشدّة الجاذبية ستكون ساحقة وقوية جداً إلى درجة لا يمكن معها حتى للمادة النيوترونية، وهي أشدّ المواد المعروفة صلابة، أن تتحمل هذا الضغط المتوحّش، وحينها، يتم إعداد المسرح لحدث مُرعب أكثر هَولاً وكارثية من انفجار المُستعر الأعظم، فستواصل نواة النجم الانهيار، حتى تصل إلى درجة كثافة وجاذبية تتجاوز حدود استيعاب العقل وتثقب نسيج الكون نفسه.

مرحباً بكم في الثقب الأسود.

أسود ورمادي وأبيض

"أعظم عدو للمعرفة ليس الجهل، بل وَهَم المعرفة"

ستيفن هوكينغ



الهيئة العراقية لأبحاث الفضاء

Iraqi Space Research Authority (ISRA)

[*طرائقنا مختلفة، وهدفنا واحد*]

كانت هذه هي العبارة التي لاحظها (رامز)، وهي في كل مكان في هذا الممر المعدني القصير الذي يسير فيه برفقة اثنين من الحرس وهو يفكّر في نفسه بتهكّم ***"طرائقكم مُختلفة، هه، ياله من***

شعار مخادع!، إنه إعدام ولكنّه على يد علماء وليس على يد شُرطة، يُريدون تغطية أفعالهم بكلمات جميلة شاعرية، حسناً فليكن!"

كان (رامز) يرتدي بَذلة فضائية رشيقة بلون السماء، وكان يرتدي خوذة روّاد الفضاء فضّية اللون، فكان مظهره يوحي بأنه رائد فضاء مُحنّك وليس مُجرماً عتيّاً تم الحكم عليه بالإعدام. وصل (رامز) إلى الغرفة الدائرية الكبيرة برفقة آسريه، ولاحظ في هذه المقصورة الواسعة وجود عسكريّيَن كاللذَين يُرافقانه، بالإضافة إلى رجل دين، وحفنة من العلماء الُميَّزين ببدلاتهم السوداء ذات القطعة الواحدة، وبعض الفنّيين. فاقتاده مُرافقاه إلى الدائرة السوداء المؤطّرة بإطار أحمر والمرسومة على الأرض المعدنية اللامعة.

اقترب منه أحد العسكريّين الذي يبدو كأنه القائد هنا، وقال: ***"(رامز أحمد النجّار)، أنتَ مُدان بقتل خمسة أشخاص عن سَبْق إصرار وترصُّد، وقد تم الُحكم عليك حُكماً قَطْعيّاً بالإعدام، وتم إحالة أوراقك إلى "وحدة الهدف العلمي" التابعة للهيئة العراقية لأبحاث الفضاء، وقد أقرّت لجنة التقييم بأنك مُؤهّل لتخدم هدفاً نبيلاً، ألا وهو الاستكشاف العلمي، وبدلاً من أن تنال جزاءك***

الحقيقي بالموت، فسيتم إرسالك في مَهمّة فضائية عظيمة لغرض الدراسة والبحث العلمي". توقّف القائد قليلاً، وكانت عَينا (**رامز**) تجوب المكان وكأنه مُعجب بالتصميم والديكور لهذه الغرفة التي تعجّ بالأضواء من أجهزة المراقبة والحاسبات المختلفة. كانت هذه الغرفة هي مقصورة البحث والمراقبة في السفينة الفضائية **"فِرناس"** والمُخصّصة للأبحاث العلمية والدراسة عن قرب للظواهر الفلكية والفيزيائية. كانت الأجهزة تُصدر طَنيناً مُتنوّعاً ذا نغمات متناسقة، فلم يصغي (**رامز**) لِما قاله القائد، حيث إن ذهنه كان مشغولاً بتذكّر الأغنية التي يُشبه لحنها اللحن الذي تُصدره تلك الأجهزة المختلفة.

رفع القائد من نبرته قليلاً وكأنه يُشير لـ (**رامز**) لكي ينتبه لِما يقوله: ***"ربّما أنتَ تستحق الموت جزاءً لأفعالك، ولكنّك قد تغدو بطلاً بعد قيامك بهذه المَهمّة، من يدري؟! قد تنجو وتُصبح نجماً تتصدّر عناوين الصحف والأخبار بعد أن تصدّرْتَها باقترافك لجرائمك الشنيعة، أو قد تَهلك ولكنك ستُصبح بطلاً أيضاً، فمِن خلالك سيتقدّم البحث العلمي تقدّماً هائلاً "***.

اقترب أحد العلماء من (رامز) وقال: "***حسناً، شكراً حضرة العقيد، سنتولى الأمر من هنا***" والتفت إلى (رامز) وهو يتفحّص بذلته وأجهزته الموصولة بالبذلة، وقال: "***سيد (رامز)، لقد تم شرح الأمر إليك، سيتم قذفك باتجاه الثقب الأسود الذي نرسو الآن على بُعدٍ آمنٍ منه، وما عليك فعل شيء إلا أن تَصِف ما تُواجهه بأدق التفاصيل، ووَصْف ما تشعر به وما يحدث لك. سنراقبك من خلال الكاميرا المُثبّتة في مُقدمّة كبسولتك الفضائية، وكذلك من خلال القراءات الحيوية والمستشعرات المختلفة الموصولة بكل شبر من بذلتك، ولكننا نحتاج كذلك إلى عينيك وأذنيك وكل حواسك لتَصِف لنا بالضبط ماذا يحدث وأنتَ تنزلق نحو الثقب الأسود***"

ثم ابتسم وقال: "***لا أعتقد إنك خائف، أليس كذلك؟ فحَسَب معرفتنا العلمية، ربما سينتهي بك الأمر في كون آخر، أو قد تُصادف كوكباً يعجّ بمخلوقات مُسليّة، أو قد تعود بالزمن أو تتقدّم فيه ملايين السنين، إنه أمر حماسي ومثير، أليس كذلك؟!***"، أجاب (رامز) بتهكّم: "***نعم، لا أستطيع السيطرة على نفسي من الحماس والإثارة. ولكن إن كنت أكثر حماساً مني يا دكتور لماذا لا تلبس البذلة أنتَ وتقفز باتجاه هذا الوحش؟ ستصف الأمور بدقّة أكثر***

مني بالتأكيد، وتصدّر أنتَ عناوين الأخبار". تجاهل العالِم هذا التعليق الساخر، ونَقَرَ عِدّة نقرات على جهازٍ لوحي كان يحمله بيده، وقال: ***"ستنزل الآن إلى الكبسولة الفضائية التي ستحملك إلى مقربة من الثقب الأسود حيث سيتم إطلاقك منها لتنزلق باتجاهه"***. ابتعد العالِم عن (رامز) وتقدّم رجل الدين ليتلو على (رامز) بعض الصلوات والأدعية الدينية.

بعد دقائق، هبطَت المِنصّة الدائرية التي يقف عليها (رامز) نحو كبسولته الفضائية، ولمّا استقر فيها، انطلقت الكبسولة إلى وجهتها وبداخلها (رامز) الذي بدأ الخوف يبتلع أنفاسه وهو يشاهد جبروتاً أسوداً أمامه، أكثر ظلاماً من ظلام الكون نفسه، كان هذا الثقب يُشوّه خلفية النجوم التي خلفه، وكأنه ثقب حقيقي في نسيج الكون.

كانت المركبة تُصدر طَنيناً وإشارات ضوئية وكلاماً بشرياً يَصدر من المِرسال الراديوي وهو يُردّد الإرشادات المتنوّعة التي يجب على (رامز) أن يتبعها، ولكن (رامز) لا يصغي، فقد شُغِل بهيبة الثقب الأسود عمّا سواه.

وفي لحظةٍ ما، توقّفت المركبة، وأوقفت معها أفكار (**رامز**)، وصدر صوت من الراديو أصغى اليه (**رامز**) وكأنه مُتعطّش لصوت بشري يُعيده إلى واقعه الذي اعتاده، فهو الآن يواجه شيئاً كابوسيّاً لا يمكن له أن يتخيّله حتى في أشدّ لحظاته جنوناً، قال الصوت: ***"تذكّر يا رائد الفضاء، أنتَ تواجه شيئًا لا أحد يعلم ماذا يوجد بداخله، ربما كون آخر، نسيان، ظهر خزانة كتب. هنا تتوقّف حدود كل علوم بني البشر وأحلامهم وطموحاتهم، أنتَ من سيخترق هذا الحاجز الغامض، وستُحارب التنّين لأجلنا، أتمنى لك حظاً وفيراً، وعسى أن يكون هذا ثمنًا زهيداً مُقابل أفعالك"***. وفي لحظةٍ أخرى قذفته المركبة خارجها، لينزلق نحو المجهول.

بدأ (**رامز**) بالسقوط نحو الثقب الأسود، وأحسّ بأنه يتسارع بصورة مضاعفة كلما نزل أكثر، لا يوجد ضجيج مِن حوله، ولا اهتزازات، مُجرّد سقوط حر في ظلمة الكون نحو بالوعة كونية مُرعبة.

كانت هناك شاشة كبيرة في مقصورة المراقبة في السفينة الفضائية **"فِرناس"** تَعرض ما تُرسله الكاميرا المثبّتة على مُقدّمة

الكبسولة الفضائية وهي تراقب (**رامز**) بانزلاقه نحو الثقب الأسود. تجمّع الجميع أمام هذه الشاشة ليُشاهدوا (**رامز**) وهو يتمدّد ويستطيل شيئاً فشيئاً. إن جاذبية الثقب الأسود شديدة لدرجة إن تأثيرها على قدمي (**رامز**) أكبر بكثير من تأثيرها على رأسه، كما إن جاذبية الثقب الأسود تحاول ضغط الجسم بصورة أفقية، بينما تسحبه إلى الداخل بصورة عمودية، لذا يبدأ (**رامز**) بالتمدّد من قدميه والانضغاط من ناحية رأسه، وكأنه عصير مسكوب في حوض المغسلة ويتم شفطه نحو فتحة المجرى. كان (**رامز**) أيضاً يبدو إنه يتباطأ في حركته باتجاه الثقب الأسود!

كانت بذلة (**رامز**) تحتوي على جهاز يُحوّل كلام (**رامز**) إلى شفرة "**مورس**[1]"، ويُرسل هذه الشفرة على شكل نبضات ضوئية مُتقطّعة لتلتقطها الكاميرا المثبتّة على مقدمة الكبسولة التي تحتوي على حاسوب مخصص لإعادة تحويل هذه النبضات والإشارات إلى صوت بشري مسموع. كانت كلمات (**رامز**) تصل

---

[1] هي شفرة حرفية اخترعها (صامويل مورس) في عام 1840م، وتتكون من مجموعة من النقاط والشرطات تمثل حروف اللغة مع الأرقام والرموز الخاصة، وتستخدم في ارسال الإشارات والرسائل القصيرة ليمكن قراءتها بواسطة الإنسان وليس الآلة.

ببطء أكثر كلما سقط أكثر، وكانت النبضات الضوئية تتباطأ أكثر ويزداد لونها احمراراً: ***"حسناً، ح س ن اً، ح س ن اً، .....".***

فجأة، وبعد مرور وقت، لاحظ المراقبون في غرفة المراقبة، مِن على شاشة البث، إن (**رامز**) قد توقّف وتجمّد في مكانه بلا حِراك، كما لو إن هناك شخص قد ضغط على زر الإيقاف المؤقَّت، وبحركة لا إرادية، التفت رئيس الفريق العلمي إلى الفنّي الذي يتحكّم بالشاشة وكأنه يستفسر فيما إذا قد ضغط على زر تجميد الصورة بالخطأ، هزَّ الفنّي كتفيه مُعلناً إن ليس له علاقة بالأمر. فقال رئيس الفريق العلمي: ***"لقد وصل إلى أفق الحدث!"***.

بقيَت صورة (**رامز**) جامدة في مكانها، طافياً هناك في بحر الظلام السرمدي، كإنسان آلي مُتعطّل في اللامكان. وفي خلال ذلك، بدأت صورة جسد (**رامز**) بالانطماس والاضمحلال التدريجي، وكانت تزداد احمراراً كلما ازدادت شفافية، ربما كان هذا العرض شيئاً معتاداً في الأفلام السينمائية أو في برامج التعديل على الصور، لكن أن يحدث هذا الأمر بشكل حيّ ومباشر، فهو أمر يدعو للدهشة. كان (**رامز**) يختفي تدريجياً من الوجود ويزداد جسده

المتوقّف في الزمن شفافية، حتى ابتلعته ظُلْمة الثقب الأسود واختفى من المكان وانطمس في المجهول، وكان هذا آخر عهد بني البشر بـ (**رامز**).

كانت الأمور عند (**رامز**) مُختلفة جذرياً، فقبل أن يصل إلى أفق الحدث، كان (**رامز**) في حالة من السقوط الحر نحو قلب الثقب الأسود، وكان لا يشعر بالجاذبية، بل اعتراه شعور غريب بالراحة والإثارة وكأن هناك شيئاً يُدغدغ معدته، شيئاً دعاه (**آينشتاين**): "***أسعد أفكاره***". تدفّق الأدرينالين في جسد (**رامز**) مما جعل راحته تتعاظم، وفي نفس الوقت يتعاظم خوفه من هذا الظلام الكروي المهيب الذي يتّجه نحوه.

وصل (**رامز**) إلى أفق الحدث –وهو لا يدرك ذلك–، فبعد كل شيء، أفق الحدث ليس حدّاً حقيقياً، وهو ليس جدار من الطابوق يطفو في الفضاء، حتى إنه ليس من ضمن كتلة وجسم الثقب الأسود، إنه مُجرّد حدٍّ وهمي يفصل المعقول عن اللامعقول، والحقيقية عن الخيال، إنه الحد الذي تتوقف عنده كل علوم البشر وأكثر خيالاتهم جموحاً وأحلامهم طموحاً. تخطّى (**رامز**) أفق الحدث،

واستمر في سقوطه نحو قلب الثقب الأسود، وهو لا يُدرك إنه تخطّى نقطة اللاعودة، وإنه خرج من الكون المعروف ليدخل في غياهب الغموض.

كان (رامز) يشعر بشعور طبيعي -نسبيّاً- لكنه غريب بالأخذ بنظر الاعتبار ما هو مقبل عليه. كانت حركته سلسة جداً، وكأنه خُلِقَ ليكون ساقطاً نحو ثقب أسود. ولكن بعد لحظات، تبدّل ظلام الكون حوله إلى ضياءٍ عمّ الأرجاء، واستعراضات ضوئية خلب جمالها لُبّه، وكأنه سقط داخل بلورة كريستالية لأحد المشعوذين. كان لا يقوى على الحركة، فكان يجول بعينيه فقط في هذا الضوء الذي أحاط به من كل صوب، وكان يرى إن هناك من بعيد، في قلب الثقب الذي ينجذب نحوه، كانت شدّة الضوء هائلة، وكأن ضوء العالم كلّه قد تجمّع في تلك النقطة البعيدة، كان يشعر كأنه ذبابة تنجذب نحو ضوء مصباح جميل، أحس بالخوف من الاحتراق.

بدأت العروض الضوئية تزداد غرابة، وتبدّل إحساس (رامز) بالزمان والمكان، بل بالواقع نفسه. شاهد أمامه وحوله وفي كل مكان نسخ منه تسقط معه، وبعضها كان يذهب في اتجاهات

مختلفة. بعض هذه النسخ كانت صور منه في مراحل حياته المختلفة، فقد شاهد أحد نسخه التي تسقط معه بعمر الست سنوات وهي تلعب كرة القدم، وشاهد نسخة بعمر المراهقة وهي تُقبّل أول حبيبة له، وشاهد أيضاً نسخة منه كبيرة بالعمر جداً وهي تسقط جالسة على كرسي مدولب.

بدأ (رامز) يُشاهد صوراً مختلفة من حياته، وحياة غيره. شاهَد لحظة تكوّن المجموعة الشمسية، ولحظة انبثاق الحياة في أول خلية، وشاهد امرأة جميلة تستنشق شذى زهرة في الحدائق المُعلّقة ببابل، وشاهد الاسكندر الكبير وهو على فراش الموت. شاهد الحروب العظيمة، والممالك الكبرى، كان التاريخ يمرّ من أمامه كفيلم وثائقي عالي الدقّة، وكانت ملايين السنين تمر من أمامه خلال لحظات، لكن عقله يراها كلها ويستوعبها كلها، شاهد مليارات البشر في الحاضر، وشاهد المستقبل أيضاً، ومخلوقات غريبة متنوعة هنا وهناك، كان يغوص في عالم مُعقّد هائل كل شيء فيه حقيقي ويستطيع لمسه، ولكنه لا يقوى.

تبدّلت العروض من حوله فجأة، أحسّ بأنه قطرة ماء تسقط مع مياه شلالات "**آينجل**[2]". وبعد لحظات، ابتلعه حوت هائل الحجم ثم لفظه، ثم اقتربت منه "**يوغلينا**[3]" عملاقة وجَلَدته بسوطها جلدة آلمته، ثم أحس بنفسه وقد تحوّل إلى مُذنّب ليقترب من كوكب "**المُشتري**" ويغوص في غيومه الغازيّة وينفذ من الجانب المقابل من الكوكب وهو يتراقص على نغمات موسيقى لم يسمع أكثر منها عذوبة وجمالاً. ثم شاهد جماهيراً حافلة من مخلوقات مُرقّطة، أجسامها كروية، ولها رأسان على جانبيها وثلاثة أقدام، وهي تسير في مسيرة احتجاجية، وتحمل لافتات عليها حروف غريبة، وسمعها تهتف: "*رامز .. رامز .. رامز*"، كانت هذه المخلوقات على سطح إلكترون ضخم يدور حول نواة عنصر غريب. اقتربت أحد نسخ (**رامز**) منه وقالت له في أذنه بهمس: "*هذا المعدن اسمه (رامزيوم)* ".

---

[2] تقع هذه الشلالات في "فنزويلا" وتُعد أعلى شلالات العالم، ويبلغ ارتفاعها 979 متراً.

[3] كائنات مجهرية دقيقة وحيدة الخلية من مملكة الطلائعيات لها سوط في مقدمتها، تعيش في مياه البرك والمستنقعات العذبة، وعندما تتجمع بأعداد كبيرة يصبح لون الماء أخضر لأنها تحتوي على بلاستيدات خضراء.

اختفت العروض، وأحسّ بأن الكون من حوله ينكمش؛ كل الكون ما عداه. بدأت المجرّات والنجوم والكواكب تتراجع وتنجذب نحو نقطة ما أمامه، كان كل شيء يقترب من كل شيء. أصبح الاحتشاد شديداً، وانكمش الكون إلى حجم صغير يزداد صغراً مع كل لحظة، حتى تحوّل إلى كرة ملتهبة استمرت بالانكماش أكثر وأكثر، إلى أن تحوّلت إلى نقطة شديدة الكثافة والضياء، ثم اختفت هذ النقطة، وبينما رمشت عيني (**رامز**)، عادت هذه النقطة للظهور في لحظة، ثم انفجرت إلى كرة جبّارة يملأها الضوء، وبدأت تتوسّع بسرعة شديدة، فكان توسّعها يتجه نحو (**رامز**) حتى ابتلعته ودخل (**رامز**) داخلها ليشاهد ضوء باهر شديد أعمى عينيه، فحاول (**رامز**) إغلاق عينيه، ولكن لم يفده إغلاق عينيه بشيء، فقد بقي هذا الضوء الحاد يحرق عينيه. أحسّ كذلك بأنه بدأ ينجذب بسرعة أكبر، كانت سرعة انجذابه تتعاظم، وسقوطه يزداد تسارعاً بشدّة جعلته يشعر بأنه سيتمزّق، أحس بألم شديد يتفجّر في كامل جسده، بدأ يصرخ بعنف وهو يحاول تحريك يديه لكي يغطي عينيه –على الأقل– التي لا تحتمل حرقة الضوء. اقترب منه الحوت الذي ابتلعه

قبل قليل، وقال بصوت جهوري جبّار: ***"لقد وصلت إلى نقطة التفرّد، أنت الآن وجهاً لوجه مع جلالة الثقب الأسود!"***

فتح (رامز) عينيه بعد أن زالت الحُرقة، وتوقّف عن السقوط، ليبقى طافياً في الفضاء، ومن خلال الدمع الغزير الذي ملأهما، شاهد قلب الثقب الأسود وهو يشعّ ضياءً بكل الألوان التي يعرفها (رامز)، وهناك درجات لونية لم يرها من قبل، كان الجمال عظيماً لدرجة دفعت (رامز) للإجهاش بالبكاء، ولكنه لم يكد يزفر نشيجه الأول حتى استأنف سقوطه وانجذابه نحو المتفردّة، وكأن هناك أحداً قد أمسك بقدميه وسحبهما إلى الأسفل بعنف. كان انجذابه وتسارع سقوطه شديداً جداً لدرجة جعلت (رامز) يستسلم للموت، فقد أغمض عينيه، وفقد وعيه.

بعد فترة زمنية لا يعلمها (رامز)، فتح عينيه ليشاهد إنه يطوف في الفضاء. كان الفضاء طبيعياً، ظلاماً تتخلّله نجوم بعيدة، استطاع (رامز) تحريك يديه وقدميه، كان يعتقد بأنه ميت أو إنها هلوسات، فشرع يُصفّق بيديه حتى يتأكد من إنه حقيقي. وفي هذه الأثناء، لاحظ إن هناك كوكباً بعيداً بدأ يقترب من أسفله ناحية

قدميه، كان الكوكب يقترب بسرعة، ولكن (**رامز**) لم يشعر بأنه ينجذب نحو الكوكب، بل كان الكوكب مَن ينجذب إليه.

اقترب منه الكوكب أكثر، شاهده (**رامز**) كوكباً أزرقاً جميلاً تلمع زرقته فيبدو وكأنه ياقوتة ساحرة. وفي لحظات، دخل (**رامز**) بهدوء في غلافه الجوّي، ليتبدّل ظلام الفضاء الذي كان يحيط به إلى نهار أرضي منعش وجميل، اخترق (**رامز**) غيوم هذا الكوكب وشاهد محيطاته وقارّاته، ثم شاهد جباله ووديانه وأنهاره، ثم مدنه وغاباته وصحاريه، ثم هبط أكثر وشاهد مدينة **"بغداد"**، ثم برزت أسطح مبانيها وشوارعها وحدائقها وأسواقها، وهبط أكثر نحو سطح بنايةٍ ما، واخترق سقف البناية وكأنه شبح، ثم هبط أكثر بهدوء، في قاعة كبيرة، وشعر بقدميه تستقر على سطح أرضية القاعة. اختفى زي رائد الفضاء الذي كان يرتديه، ولاحظ وجود حارسَين على جانبيه، وأمامه هناك، طاولة طويلة يجلس خلفها خمسة أشخاص، وأمامهم لافتة تعريفية مكتوب عليها: **"لجنة تقييم المبعوثين للاستكشاف الفضائي"**.

استغرق (رامز) عدّة دقائق ليستوعب الأمر، وحينما استرد إدراكه للواقع، سمع أحد الخمسة الجالسين يقول: *"..... هذا هو الأمر باختصار، لذا فسيتم إرسالك اليوم إلى السفينة الفضائية "فرناس" لتقضي الحكم الصادر عليك، وربما تنجو لتحكي للعالم عمّا خَبرْته"*. لم تَعُد قدمَي (رامز) تقوى على حمله، فخرَّ إلى الأرض على ركبتيه وهو ينهج بالبكاء الحار، وقال بصوت مُتهدّج: *"أرجوكم، أتوسل إليكم، أقتلوني، أشنقوني، أطلقوا عليَّ الرصاص، أو احرقوني حيًّا، ولكن لا تُعيدوا إرسالي إلى هناك مرة أخرى"*. انبرى شخص آخر من الخمسة بالكلام، وقال بدهشة بالغة: *"نُعيد إرسالك؟!"*. فقال (رامز) وهو يكاد يختنق ببكائه: *"لقد ذهبتُ إلى هناك، ونجوت، ووجدت نفسي هنا الآن، سأحكي لكم كل شيء!"*.

*****

الجاذبية، هي القوّة المُتحكمّة في شكل الكون، ورغم إنها تُعتبر القوّة الأضعف من بين القوى الأساسية الأربع، إلا إن سُلطانها يمتدّ على كل الكون، وهي مَن يتحكّم في كل شيء على

المستوى الكوني. هذه القوّة العصيّة على المطاوعة، حاول العلماء على مر العصور دمجها مع القوى الأخرى، على الأقل في قانون رياضي واحد، وإخضاعها لكي تنضم إلى القوى الأخرى في نظرية واحدة، ولكنها لم تُذعن، وخيّبت مساعي (**نيوتن**)، ومن بعده (**آينشتاين**)، ولكنها منحت لـ (**آينشتاين**) بعض الصلاحيات الحصرية لكشف أسرارها وماهيّتها بطريقة أفضل مما فعلت مع (**نيوتن**) أو غيره.

الجاذبية قوّة تعمل بكفاءة وحَزْم ضِمن المسافات الفلكية الطويلة، وكأسد فخور جبّار لا تبرز قوّته إلا مع الجبابرة، ولا يكترث للقتال مع البراغيث، فإنها غير محسوسة ويكاد تأثيرها لا يُلاحَظ بين الأجسام الصغيرة، أو ضمن المسافات القصيرة. فيمكن مثلاً لمغناطيس صغير أن يتغلّب على جاذبية كوكب الأرض برمّته ويرفع مسماراً من على الأرض. ورغم إن جاذبية الكوكب لم تستطع التغلّب على القوة الكهرومغناطيسية لهذا المغناطيس الصغير، إلا إنها تأسر القمر عبداً لها، وتأسر الأرض نفسها ضمن حدود نفوذ الشمس، وفي الحقيقة فإن الجاذبية هي من يُمسك الكواكب حول

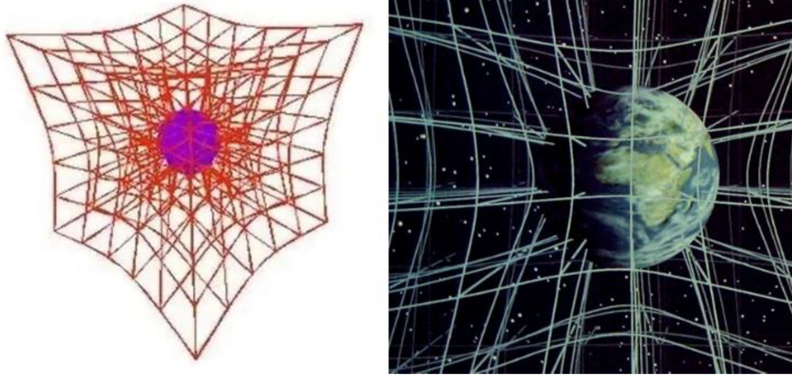
النجوم، ومن يُمسك النجوم في المجرّات، وهي من يجذب المجرّات إلى بعضها البعض، ومن يجعلها تتجمّع في مجموعات كونيّة ضخمة تصل إلى مئات الآلاف من المجرّات التي تخضع منقادة لجبروت الجاذبية، ورغم ذلك، يستطيع مغناطيس الثلاجة أن يتغلّب عليها!

إن كل شيء في الكون يمتلك هذه القوة، حتى أنتَ نفسك تُمارس جذباً على كل شيء حولك، وتُمارس جذباً على كوكب الأرض الذي يُمارس جذباً هو الآخر عليك، ولكن قوّة الجذب التي تُمارسها غير محسوسة وضعيفة جداً، فحسب قانون (**نيوتن**) في الجاذبية، فإن هذه القوّة تتناسب طرديّاً مع حاصل ضرب كُتلتَي الجسمين المتجاذبين، وعكسيّاً مع مربع المسافة الفاصلة بين مركزيهما، وهذا يعني إن هذه القوة تتعاظم كلما كبرت كُتلة الجسم، وتقلّ كلما ابتعد المُنجذب عن مركز ثقل الجاذب.

لذا حين يتم ضرب كتلة المسمار مع كتلة الأرض وتقسيم الناتج على مربّع المسافة بين مركز المسمار ومركز الأرض، فستكون قيمة الجاذبية الناتجة صغيرة جداً بالمقارنة مع القيمة التي تنتُج من ضرب كتلة القمر بكتلة الأرض والتقسيم على مربّع البعد بينهما.

ولكن لا تدع هذا الأمر يُحبطك، فربما جاذبيتك الكُتَليّة بسيطة جداً، ولكنّك يُمكن أن تمتلك جاذبية روحيّة تشدّ العالم بأسره.

جاءت النسبية العامّة لتكشف عن سر الجاذبيّة بشكل جَلي، فالجاذبية ماهي إلا انبعاج الزمكان، أي انبعاج نسيج الفضاء، وهذا الانبعاج يشتدّ كلما زادت كُتلة الجسم وكثافته. يمكنك أن تتصور بسهولة كيف يمكن لجسم ثقيل أن يبعج سطحاً مستوياً له طول وعرض، حاول أن تتصور الآن كيف يمكن لهذا الجسم أن يبعج فضاءً ثلاثي الأبعاد!

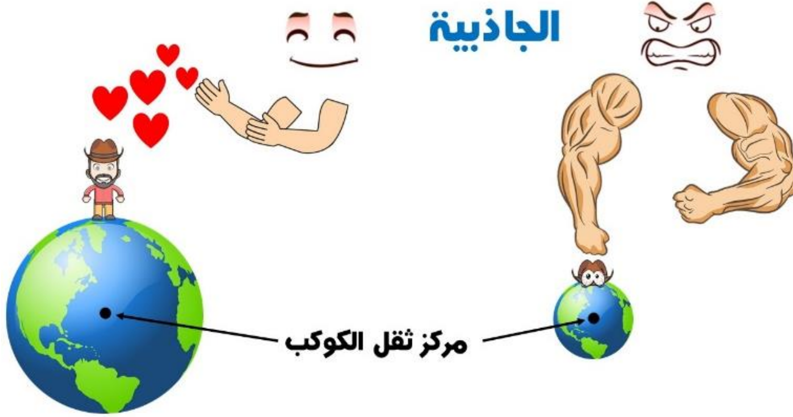


شكل 8-1: انبعاج الزمكان في الفضاء ثلاثي الأبعاد.

ليس للجاذبية علاقة بالحجم، بل بالكُتلة، فقد يكون هناك جسم بحجم كرة الغولف ولكن جاذبيّته أشد من جاذبية الشمس

بحجمها الهائل بمرّاتٍ عديدة، بل إن علاقة الحجم بالجاذبيّة علاقة عكسية مع ثبات الكُتلة، فكلما صغر حجم الجسم مع ثبات مقدار كُتلته والمادّة الموجودة فيه، كلما تعاظمت جاذبيّته، وذلك لأن المسافة بين سطحه ومركز ثقله -بديهيّاً- ستكون أقصر. وكمثال على ذلك، لو أتينا بكوكب الأرض، وكوكب آخر له نفس كُتلة كوكب الأرض ولكن حجمه بحجم المنزل، وطلبنا منك أن تقف على كليهما، فستستطيع الوقوف على كوكب الأرض بشكل طبيعي، ويمكنك أيضاً أن تقفز في الهواء وتتحرّك بشكل مريح في أي اتجاه يعجبك، وذلك لأن المسافة بين مركز ثقلك ومركز ثقل الأرض هي **6371** كيلومتر تقريباً، مما يجعل الجاذبية ترأف بك وتُمارس جذباً لطيفاً عليك. ولكن إن وقفت على سطح الكوكب الآخر، رغم إن كُتلته مساوية بالضبط لكتلة الأرض، فستكون المسافة بين مركز كُتلتك ومركز كُتلته لن تتعدى بضع أمتار، وبذلك ستكون قد اقتربت من فك الوحش المفترس كثيراً، لذا لن ترحمك الجاذبية، وستشعر بأن وزنك قد أصبح آلاف الأطنان، ولن يستطيع جسدك تحمّل هذا الضغط وسيتهاوى على نفسه، وستسحقك الجاذبية

سحقاً حتى تتفتّت عظامك وتنتشر كلَطخة أصباغ على سطح ذلك الكوكب.



شكل 8-2: تأثير الجاذبية بثبات الكتلة وتغيّر المسافة بين مركزي ثقلي الجسمين المنجذبين.

عندما ينفجر نجم ضخم بانفجار **"المستعر الأعظم"**، تتحوّل جُثّته المُمزّقة إلى مومياء نيوترونية تمدّ أذرعها الضوئية وتدور بسرعة شديدة، وكشبح يطارد قاتليه ويطرق على جدران منزل مسكون ليلاً ونهاراً، يُصدر هذا النجم صوتاً طارِقاً مُنتظماً يعزف من خلاله لحن التشبّث بالحياة، أو كأنه يرقص مسروراً لتخلّصه أخيراً من بطش الجاذبية بعد أن تركته وشأنه حالما امتصّت الروح النجميّة منه.

ولكن هذه الراحة لن يجدها النجم النيوتروني ذو الكُتلة الأكبر بثلاثة أضعاف من كُتلة الشمس، فلم تفرغ منه الجاذبية بعد، كأن بينها وبينه ثأراً قديماً، فتواصل الجاذبية سَحْق هذا النجم المسكين وضغطه إلى ما بعد حدود الإمكان، فينسحق كل شيء فيه، ويحتشد بكثافة عظيمة بحيث لن يبقى فيه فراغ يتّسع لإلكترون حتى، فيصبح حجم النجم لا يتجاوز بضع كيلومترات. هذه الكُتلة والكثافة والحجم تجعله يختفي من كوننا المعلوم مُخلّفاً حفرة كونيّة نَهِمة، وتحدّباً لا نهائيّاً في الزمكان يسقط فيه كل شيء بدون رجعة. لقد انتصرتْ الجاذبية انتصاراً ساحقاً، واستعمرَتْ هذا الجسم كالطفيلي، وأصبحت قوّتها لا نهائية.

إن أول من طرح فكرة وجود الثقوب السوداء وناقش أمرها هو العالِم البريطاني (**جون ميشيل**)، وقد كتب مقالاً علميّاً عن الثقوب السوداء في **1783م**، وفكرته كانت كالتالي: لو افترضنا إننا أطلقنا طلقة مدفع من سطح الأرض عموديّاً إلى أعلى، فسوف يؤدّي تأثير الجاذبية إلى الإبطاء من سرعتها. وفي النهاية، فإنها ستتوقّف عن الارتفاع وستعود لتهبط على الأرض. ولكن إذا

بدأت الطلقة بالانطلاق بسرعة تزيد عن سُرعة حرجة معيّنة، فإنها لن تتوقّف أبداً عن الارتفاع لتهبط ثانية، بل إنها ستواصل الحركة مبتعدة، وهذه السرعة الحرجة تُسمّى **"سُرعة الإفلات"**.

إن سُرعة الإفلات من كوكب الأرض تبلغ حوالي **11** كيلومتر في الثانية. وبالنسبة للشمس، فإن سُرعة الإفلات منها تبلغ حوالي **618** كيلومتر في الثانية. وهاتان السرعتان كلتاهما أكبر من سُرعة طلقة المدفع الحقيقية، ولكنهما أصغر كثيراً من سرعة الضوء التي تبلغ تقريباً **300** ألف كيلومتر في الثانية. وهذا يعني إن جاذبية الشمس أو الأرض ليس لها تأثير كبير على الضوء، فالضوء يمكنه الإفلات بسهولة منهما.



شكل 8-3: طلقة المدفع في سرعات مختلفة.

إلا إن (**ميشيل**) يُجادل بأن من المُحتمَل أن يكون هناك نجم يبلغ من كِبَر كتلته ومن صغر حجمه ما يكفي لأن تكون سرعة الإفلات منه أكبر من سرعة الضوء، ولن نستطيع أن نرى نجماً كهذا، لأن الضوء المنبعث من سطحه لن يصل إلينا، فالجاذبية الشديدة لهذا النجم ستشدّه إلى الوراء. ولكننا يمكننا الكشف عن وجود هذا النجم بما يمكن ملاحظته من تأثير جاذبيته على المادة المجاورة له. أطلق (**جون ميشيل**) على هذا النجم مُصطلح **"النجم المُظلم"**.

بعد نَشْر (**آينشتاين**) نظريّته النسبيّة العامة ببضعة أشهر، قام العالِم الألماني (**كارل شوارزشيلد**) في أوائل عام **1916**م بنشر ورقة بحثيّة تتضمّن حلاً رياضيّاً للنسبيّة العامة يوضّح فيها أنه إن كانت كُتلة جسمٍ ما كبيرة بما يكفي فإنه سوف ينهار على نفسه.

وفي غُرّة **أيلول** من عام **1939**م، غزا الجيش الألماني النازي **"بولندا"**، مما تسبّب في إشعال فتيل حربٍ غيّرت مجرى تاريخ العالم إلى الأبد، ومن الملفت للنظر إنه تم نشر أول ورقة أكاديمية بشأن الثقوب السوداء في ذلك اليوم. ويُعتبر المقال الذي نشره عالِما

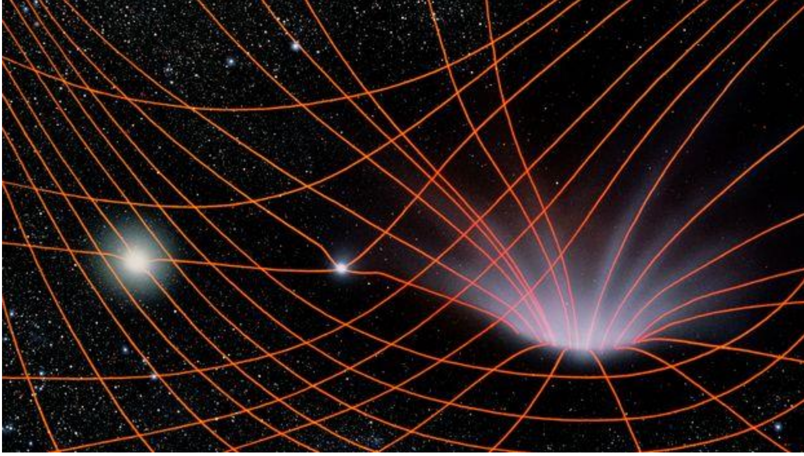
الفيزياء الأميركيان (**روبرت أوبنهايمر**) و(**هارتلاند سنايدر**) بعنوان **"انكماش الجاذبية المستمر"** نقطة مفصلية في تاريخ دراسة الثقوب السوداء. كان العلماء وقتها يستخدمون مصطلح **"الجسم المُنهار الثقالي"**. ثم جاء الأمريكي (**ديفيد فنكلشتاين**) عام **1958م** ليوضّح إنه لا يمكن لشيء حتى الضوء أن يهرب من هذا الجسم. وفي أوائل الستينيات، قام الفيزيائي الأمريكي (**روبرت ديك**)، بمقارنة هذه الظاهرة بـ **"الثقب الأسود"** في مدينة **"كلكُتّا"** في الهند، وهي زنزانة سجن مشهور يدخلها الناس أحياءً ويخرجون منها أمواتاً.

كانت خواص هذه المقابر الكونية غريبة، مما جعل (**آينشتاين**) وأغلب مجتمع النسبية العامّة يستهجنوا وجودها بشكل مادّي في الكون، رغم إن النسبية نفسها تتنبّأ بوجودها. وبقيت هذه النظرة مستمرّة حتى عام **1964م**، عندما اكتشف البريطانيان (**جوسلين بيل بورنيل**) و(**أنتوني هيويش**) أجراماً سمّياها **"النابضات"**، تبث نبضات منتظمة من موجات الراديو. في أول الأمر، بَقيا يتساءلان عمّا إذا كانا قد توصّلا إلى الاتصال بحضارة

أخرى غريبة، بل إن قاعة الندوة العلمية التي أعلنا فيها اكتشافهما كانت مُزيّنة برسوم لرجال خُضر أقزام. ولكنهما توصّلا في النهاية، هما وكل واحد آخر، إلى استنتاج أقل رومانسية، وهو إن هذه النجوم هي نجوم نيوترونية دوّارة. وكان في هذا أنباء سيئة بالنسبة لمؤلفي مغامرات الفضاء، ولكنها أنباء جيدة بالنسبة للعلماء الذين كانوا يؤمنون وقتها بوجود الثقوب السوداء، إذ إن إمكانية وجود أجرام ثقيلة يمكن أن تنضغط لهذا الحد، يَشي بإمكانية وجود أجرام يستمر انضغاطها لتنكمش أكثر حتى تصبح ثقوباً في الزمكان.

لم يُطرح اسم **"الثقب الأسود"** إلا في عام **1967**م بواسطة العالِم الأمريكي وأحد المشاركين في مشروع **"مانهاتن"** لصناعة القنبلة الذريّة الأولى (**جون ويلر**). ويُقال إن أحد الطلاب أثناء محاضرة له اقترح عبارة **"الثقب الأسود"**، تبنّى (**ويلر**) المصطلح، وسُرعان ما انتشر استعماله. كان هذا عملاً فذّاً، فمنذ ذلك الوقت دخلت الثقوب السوداء لأساطير روايات الخيال العلمي، كما إنه حفّز البحث العلمي بأن وفّر اسماً محدداً لشيء لم يكن له فيما مضى عنواناً مُرْضياً. لا يمكن أن نُقلّل ما للاسم الجيّد من أهميّة في العلم.

حَسَبْ جاذبية (**نيوتن**)، فإن الثقوب السوداء غير مُمكنة، وذلك لأن قوانين (**نيوتن**) تعتمد على الكُتلة، وبما إن الضوء يتكوّن من فوتونات، والفوتونات عبارة عن جُسيمات ليس لها كُتلة، إذن لا يوجد شيء يمكن له أن يجذب الضوء حتى ولو كانت جاذبيّته لا نهائية، وبالتالي لن يوجد هناك جسم في الكون يمكن له أن يكون مُعتماً وأسوداً لهذه الدرجة. كانت هذه أيضاً أحد الثغرات المُقلقة في قوانين (**نيوتن**) في الجاذبية، فالأدلّة عن وجود أجسام خَفيّة لها قوّة جذب جبّارة أصبحت تتجمّع شيئاً فشيئاً. فوجود مِكنسة جوعى ومُظلمة لهذه الدرجة يعني أحد أمرين، إمّا إن للضوء كُتلة، وإمّا إن هناك خلل في قوانين (**نيوتن**). جاءت النسبيّة العامّة لتحلّ هذه المعضلة، بتصويرها للجاذبية على إنها تأثير هندسي للفضاء، وهي ليست قوة مؤثّرة لها مخالب تُمسك بواسطتها بالأشياء، بل هي عبارة عن حفرة في نسيج الفضاء تكون ضحلة أو عميقة حسب كتلة الجسم الجاذب وكثافته. فكلما زادت كتلة جسم ما أو كثافته، زاد عمق هذه الحفرة حتى تصل إلى مرحلة الثقب الأسود ليكون عمقها لا نهائي وتتحول إلى فتحة في نسيج الكون.



شكل 8-4: انبعاج الزمكان بتأثير ثقل الأجسام فيه.

وبما إن الضوء لا يحتاج إلى وسط ينتقل فيه –فقد ينتقل الضوء خلال الفراغ– ولكنه بالضرورة يحتاج إلى مكان، فلا يمكن للضوء أن ينتقل في اللامكان. وبما إن المكان نفسه سيلتوي أو ينثقب أو يسقط نحو الداخل، إذن فإن الضوء المار بالمكان سيلتوي ويختفي معه، وكأن الضوء قد وقع في حفرة لا قرار لها ينسكب فيها المكان وما يحتويه، وهذا هو سر إعتام الثقب الأسود. وحسب نظريّة النسبيّة الخاصة، فإنه ما من شيء يمكنه الانتقال بسرعة أكبر من سُرعة الضوء، لذا يستحيل على أي شيء آخر أن يفلت من جاذبية الثقب الأسود.

بالعودة إلى فكرة تحدّب الزمكان بتأثير كتلة الجسم، تخيّل إن الزمكان عبارة عن قطعة قماشية لها طول وعرض وتمتد على مستوى الكون، فالأجسام الثقيلة ستجعل سطح القماش تحتها ينبعج بمقدار يتناسب مع كتلة الجسم، وإن كان الجسم ثقيلاً بما يكفي فقد لا يتحمّل القماش وزنه وسينشق تحته مُخلّفاً ثقباً. لو أردت تخيّل فتحة أو ثقباً في نسيج ثنائي الأبعاد، فسيكون هذا الثقب عبارة عن دائرة فارغة تحيط بها مادة النسيج، ولكن ماهي الدائرة في نسيج ثلاثي الأبعاد؟ إنها كرة. فالفتحة في نسيج ثلاثي الابعاد ستكون عبارة عن فجوة كروية تُحيط بها المادة من كل جانب، وهذا بالضبط ما يكونه الثقب الأسود، كرة سوداء، أكثر سواداً من أي شيء تعرفه.

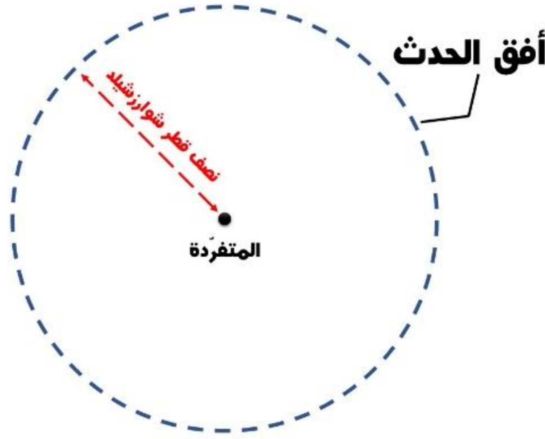
ولكن ماذا لو تحوّلت شمسنا إلى ثقبٍ أسود؟! رغم إن ذلك لن يحدث أبداً، فالشمس لا تملك الكُتلة الكافية لهذه العملية الكونيّة المرعبة، ولكن لنفرض جدلاً إن الشمس، بطريقة ما، أصبحت ثقباً أسود، فما الذي سيحدث لنا؟

لو أصبحت الشمس ثقباً أسوداً فسيكون قطرها لا يتجاوز الـ **6** كيلومترات فقط، وقد تتخيل إن الكواكب وبضمنها الأرض

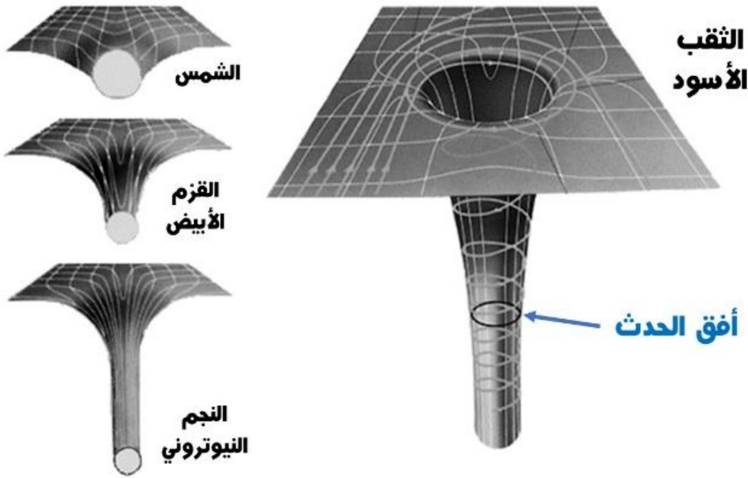
ستنطلق مسحوبة بشدّة تجاه شمسنا السوداء الجديدة، وسنصرخ نحن سُكّان الأرض من الذهول والخوف! ولكن في الحقيقة لن يتغيّر شيء أبداً، بل إن كوكب **"عُطارد"**، وهو الكوكب الأقرب إلى هذا الثقب الشمسي، سيبقى في مداره، وسيطوف حول هذا الثقب بشكل طبيعي كما كان يطوف سابقاً حول الشمس. ولا عجب في ذلك، فكما بيّنتُ سابقاً، إن ما يجذب الأرض نحو الشمس هو كُتلة الشمس ومركز ثقلها، وليس حجمها أو قطرها، فإن تحوّلت الشمس إلى ثقب أسود فستحتفظ بكتلتها نفسها، وسيكون مركز ثقلها في المكان عينه، لذا فمن وجهة نظر كوكب الأرض، لن يتغيّر شيء سوى إن كتلة الشمس أصبحت أكثر كثافة وظلاماً، ولن تقوم الشمس بابتلاع الأرض، ولكننا في ذلك اليوم العظيم، سنشاهد شروق شمس هو الأكثر قتامةً وسوداويةً في التاريخ!

تخيّل إن هناك وحشاً جبّاراً مُقيّداً بسلسلة عظيمة، يمكنك مشاهدة هذا الوحش أو الاقتراب منه لمسافة آمنة، ولكن إن اقتربت منه كثيراً إلى مسافة أقصر من طول السلسلة، فسيقفز عليك الوحش ويحتضنك فاغراً فاه، ولا يمكنك الفرار منه بعدها، سيكون

قد فات الأوان. كذلك للثقوب السوداء حدّاً أقصى للاقتراب، سيصبح بعدها الهروب من جاذبيتها مُجرّد أمنية لن تتحقق أبداً. هذا الحد يُسمّى **"أفق الحدث"**، وهو المنطقة المحيطة بالثقب الأسود والتي تظهر للرائي ككرة مظلمة مهيبة. هذا الحد يتكوّن بواسطة الضوء الذي يفشل في الابتعاد عن الثقب الأسود، والذي يبقى يحوم على الحافّة. هذا الحد يظهر كحلّ رياضي لنظريّة النسبية العامة، وأول من أشار إليه هو (**كارل شوارزشيلد**) الذي سُميّ قطر الأفق باسمه فيما بعد. يعتمد حجم أّفق الحدث على كُتلة الثقب الأسود، فإذا ضُغِطَت الأرض -مثلاً- لتتحوّل إلى ثقب أسود، فسيكون قطرها **18** مليمتراً، أي أصغر قليلاً من قطعةٍ نقدية معدنية. أمّا إن تحوّلت أنتَ إلى ثقب أسود، فسيكون حجمك مساوياً لحجم البروتون!



شكل 7-5: أفق الحدث للثقب الأسود.



شكل 8-6: كلما زادت كتلة الجسم كلما شوّه نسيج الزمكان أكثر.

تعتمد قوّة السحب الجاذبة للثقب الأسود على البُعد عنه، فكلّما كنتَ أقرب كلما ازدادت قوّة السحب، ولكن تختلف تأثيرات هذه الجاذبية على الزائر معتمدةً على كتلة الثقب الأسود.

فإذا سقطتَ في ثقب أسود صغير نسبياً، حوالي بضع أضعاف كتلة الشمس على سبيل المثال، فأنك سوف تُسحب نحوه وتتمدّد بعملية تعرف بـ **"تأثير السباغيتي"**، حيث يتم مَطّك وشدّك من قدميك حتى تصبح عبارة عن خطٍّ طويل من طابور يتكوّن من ذرّاتك نفسها وتنسحب إلى الثقب الأسود كشريط من معكرونة السباغيتي، وتتحلّل تماماً قبل أن تصل إلى أُفق الحدث. مع ذلك، إذا كنت تسقط باتجاه ثقب أسود هائل، كُتلته تقارب ملايين إلى مليارات أضعاف كتلة الشمس، فسيكون تأثير السباغيتي ضعيفاً، ولن تشعر بهذه القِوى إلا بدرجة قليلة، ولن تموت قبل وصولك إلى أفق الحدث، على الرغم من وجود العديد من المخاطر حول الثقب الأسود والتي قد تقتلك قبل وصولك إلى تلك النقطة.



شكل 8-7: تأثير السباغيتي.

من المرجّح أنّ الثقوب السوداء تدور حول محورها، وذلك لأن النجوم التي نشأت منها عموماً تدور أيضاً، وكذلك لأن المادة التي تبتلعها تدور بحركة دورانية قبل السقوط فيها. وتشير النتائج الحديثة إلى أنّ الثقوب السوداء تستطيع الدوران بسرعات أكبر من **90%** من سرعة الضوء.

يتجزّأ أفق الحدث للثقب الأسود الدوّار إلى أفق خارجي وأفق داخلي، يتمثّل أفق الحدث الخارجي بأنه نقطة اللاعودة، بينما أفق الحدث الداخلي للثقب الأسود الدوّار والمعروف أيضاً باسم **"أفق كوشي"** فهو غريب جداً، حيث إن ما بعد تلك العَتَبة لم يعد السبب يتقدّم بالضرورة على النتيجة، والماضي لم يعد بالضرورة يُحدّد المستقبل، وقد يكون السفر عبر الزمن ممكناً! أما في الثقوب السوداء غير الدوّارة، والمعروفة أيضاً باسم **"ثقوب شوارزشيلد السوداء"** فيتطابق فيها أفق الحدث الداخلي والخارجي.

يقول الفيزيائي البرتغالي (**جواو كوستا**): ***"بالتفكير في قطة شرودنغر، نعلم أننا نستطيع أن نحدّد احتمالات أن تكون القطّة حيّة وميتة في الوقت ذاته، ولكن إذا سَقَطَت القطّة داخل***

أفق كوشي، فلن نتمكن حتى من حساب هذه الاحتمالات، وهذا يجعل الثقب الأسود أكثر غرابة من جنون ميكانيكا الكم".

إن الثقب الأسود المِغزلي -الدوّار- يُجبر نسيج الزمكان المحيط به على الدوران. تخلق هذه الظاهرة دوّامة كونية توجد خارج حدود أفق الحدث الخارجي للثقب الأسود، وبالتالي تُجبر أي مادّة موجودة ضمن هذه المنطقة على الدوران بنفس الاتجاه الذي يدور به الثقب الأسود. هذا الدوران يمُكن -نظرياً- أن يُكسِب المادة التي تسقط فيها سرعة كافية للهروب من قوة السحب الجاذبة للثقب الاسود، حاملةً معها بعض الطاقة من هذا الثقب.

قدّم العالِم البريطاني الشهير (**ستيفن هوكينغ**) أكبر مساهمة في نظرية الثقوب السوداء مُستخدماً الرياضيات فقط بدلاً من الرصد، إذ وضّح (**هوكينغ**) وزملاؤه، وعلى نحو مذهل، إن الثقوب السوداء أجرام بسيطة، يمكن وصفها بثلاث خصائص فقط، كُتلتها، واللف المغزلي الخاص بها، وشُحنتها الكهربائية.

لا يهم ما يُقذَف في الثقب الأسود، أو كيف نشأ الثقب الأسود، فقد يكون نجماً ميتاً، أو قد يكون ناتجاً من تصادم ثقبين

أسودين، وقد يُقذف فيه أشخاص، أو تنسكب فيه مكتبات العالم، فمن الخارج، كل ما تراه هو كُتلة الثقب الأسود، وطريقة دورانه، وشحنته. ووفقاً لقول (**جون ويلر**): ***"الثقوب السوداء صلعاء"***، أي إذا دخلها جسم فلن نحصل منه على أي معلومات.

وحسب **"نظرية الصَلَع"** -وهو ما أصبحت تُعرف به لاحقاً- روّض (**هوكينغ**) وزملاؤه نظرية الثقوب السوداء، ولكن بعد ذلك بقليل، في عام **1974**م، أثبت (**هوكينغ**) نتيجة أخرى عن الثقوب السوداء، إذ بيّن إن الثقوب السوداء ليست كلها سوداء تماماً، وبدلاً من ذلك، فهي تشعّ إشعاعاً حرارياً إلى بيئتها المحيطة، تماماً مثل ترك كوب الشاي الساخن ليبرد.

بعكس الفيزياء التقليدية، فإن ميكانيكا الكم لا تفترض إن الفراغ الفضائي "فراغ لا يحتوي على شيء"، وإنما هو حالة مُعقّدة يتأرجح فيها الفراغ نفسه ويضطرب ويعجّ بالنشاط الكمّي، وكأنه بحر هائج يرغي بالزَبَد، كما إن فيه طاقة -وإن كانت قريبة جداً من الصفر- ولكنها ليست صفراً. ونظراً لأن انحناء الزمكان

يكون شديداً بالقرب من الثقب الأسود، فإن اهتزازات الفراغ هناك تكون شديدة أيضاً.

هذه الاضطرابات، يتم تحفيزها بواسطة حقل الجاذبية الشديدة للثقب الأسود الذي يجعل حافات الزمكان المُمزَّق التي تحيط بأفق الحدث تفور بالطاقة وكأن الفراغ يغلي، وبسبب مبادئ ميكانيكا الكم، وبالأخص مبدأ **"عدم اليقين"** لـ**(هايزنبيرغ)**، فقد تنبثق إلى الوجود فجأة جُسيمات افتراضية من لا شيء. هذه الجسيمات تقوم "باقتراض" الطاقة من بنك الطاقة النشط للفراغ في أفق الحدث، وبسبب مبدأ **"حفظ الطاقة"**، فسيتم إنتاج جُسيم افتراضي ذو طاقة موجبة، وجسيم افتراضي ذو طاقة سالبة. ولكن هذا البنك صارم ولا يعرف الرحمة، ولا يلبث أن يستردّ الدَين سريعاً جداً، حيث يظهر هذين الجسيمين الافتراضيين لفترة زمنية قصيرة جداً ثم يختفيان إلى العدم.

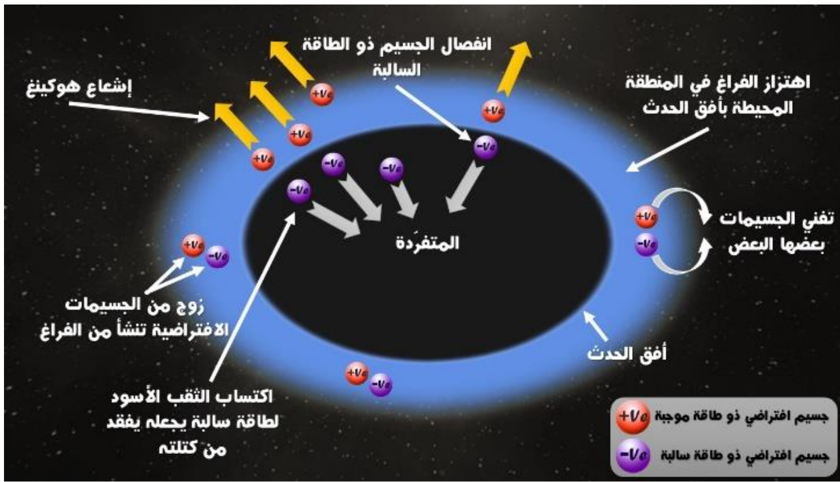
إن هذه الجسيمات تعيش على الاقتراض، وفي الواقع، يتم إنتاج هذه الجسيمات في كل مكان في الكون، حتى حولنا، ولكنها لا يُتاح لها أن تتحوّل إلى جُسيمات حقيقية لها كُتلة وتستمر بحياتها

بصورة طبيعية، لأنها تَدين بدَيَن هائل من الطاقة لا تستطيع تحمّله، فيُبيد بعضها بعضاً فوراً، وتُعيد ما اقترضته سريعاً إلى مصدره، وتختفي كما ظهرت. ولكن، في منطقة أفق الحدث، ونظراً لكون شدّة الجاذبية للثقب الأسود عظيمة وجليلة، فقد تسحب جاذبية الثقب الأسود الجسيم ذا الطاقة السالبة قبل أن يتسنّى له الوقت للاصطدام بشريكه، وكأنها دولة محايدة تحاول إحلال السلام، فيتم اتّقاء الشر وينفصل الجسيمان، ليعبر الجسيم ذو الطاقة السالبة أفق الحدث ويسقط في جوف الثقب الأسود.

عندما يدخل الجسيم ذو الطاقة السالبة إلى غياهب الثقب الأسود، فإنه يقوم برد الدين من الطاقة. ولكنه، وكمدمن على القمار، سيقترض مرة أخرى لكي يعيش، ولكن هذه المرة سيقوم بالاقتراض من كتلة الثقب الأسود ليتحول إلى جُسيم حقيقي له كُتلة، بينما سيمتلك رفيقه ذو الطاقة الموجبة الذي تركه خارج حدود أفق الحدث مباشرة، الحريّة للعيش بدون أن يصدمه نقيضه ويفنيه، فيمكن له أن يُباشر بتكوين نفسه والتحوّل لجسيم حقيقي هو

الآخر من طاقته الموجبة التي لا يوجد أحد ليستردّها، وقد يترك نطاق الثقب الأسود ويسرح في الفضاء.

حسب معادلة (**آينشتاين**) لتكافؤ الطاقة والمادة، فإن الطاقة متناسبة طرديّاً مع الكُتلة، لذا فإن اكتساب الثقب الأسود لطاقة سالبة من الجسيمات السالبة الساقطة فيه يجعله يفقد جزءً من كتلته. أمّا الجسيم الحقيقي الذي يفر بجلده من الثقب الأسود، فإنه يظهر وكأنه قد تم بثّه بواسطة الثقب الأسود كإشعاع، ويُدعى **"إشعاع هوكينغ"**.



شكل 8-8: إشعاع هوكينغ.

إذا كان هناك راصد على مسافة من الثقب الأسود، فإنه سيتمكّن فقط من قياس الجسيمات المنطلقة للخارج ولا يستطيع الربط بينها وبين الجسيمات التي هَوَت في داخل الثقب، لأنه لا يستطيع رصدها. وهذا يعني إن الجسيمات المنطلقة للخارج لها درجة إضافية من العشوائية أو عدم قابلية التنبّؤ بما يتجاوز ويفوق الدرجة التي تُصاحب عادة مبدأ عدم اليقين لـ (**هايزنبيرغ**). ففي الأوضاع الطبيعية، يتضمّن مبدأ عدم اليقين إن المرء يستطيع أن يتنبّأ على وجه التحديد إما بموضع الجسيم، أو بسرعته، أو بتوليفة تقريبية من الموضع والسرعة، وبالتالي فإن قدرة المرء على القيام بتنبؤات محدّدة تهبط للنصف تقريباً. إلا إنه في حالة الجسيمات التي يبثّها الثقب الأسود، فإن حقيقة إننا لا نستطيع رصد ما يجري وراء أفق الحدث في داخل الثقب، تعني إننا لا نستطيع التنبؤ لا بمواضع ولا بسرعات الجسيمات التي تُبث. وكل ما يمكن التنبّؤ به هو احتمال إن جسيمات مُعيّنة سوف تُبث، وعلى حد تعبير (**ستيفن هوكينغ**): ***"يبدو أن (آينشتاين) أخطأ خطأً مضاعفاً في مقولته عن النرد، فالنظر في أمر بث الجسيمات من الثقوب السوداء يطرح علينا إن النرد يُلقى به أحياناً حيث لا يمكن رؤيته"***.

عندما يبث الثقب الأسود الجسيمات والإشعاع فانه يفقد من كُتلته، وهذا سيجعل الثقب الأسود يصبح أصغر، فيبث الجسيمات بسرعة أكبر، وفي النهاية، فإن كُتلته ستنخفض إلى الصفر، فيتبخّر ويختفي تماماً من الوجود. ولكن ما الذي سيحدث عندها للأشياء التي هَوَت داخل الثقب الأسود؟

طرحت نتائج أبحاث (**هوكينغ**)، على الفور، مفارقة شغلت العلماء عقوداً، وكان (**هوكينغ**) يعمل عليها في الأشهر الأخيرة من حياته، وتُدعى **"مفارقة المعلومات"**. إذ تتعلّق هذه المفارقة بالثقوب السوداء وما يحصل للمعلومات التي تدخل إليها.

يتميّز **"إشعاع هوكينغ"** بأنَّه لا يتعلّق إطلاقًا بطبيعة المادّة داخل الثقب الأسود، فلو رَمَيتَ فيه كومةً من الحجارة، أو عدداً من أجهزة الآي فون، أو صديقك المزعج، فسيُصدر الثقب الأسود الإشعاع نفسه. فلا يمكننا معرفة أي شيء عن حالة المادة داخل الثقب الأسود وستتلاشى هذه المعلومات بتلاشي الثقب الأسود في نهاية المطاف.

ومع أنَّ الأمر يبدو عاديّاً للوهلة الأولى، لكنه يتعارض مع أحد أهم مبادئ ميكانيك الكم، فوصف حالة المادّة هو خاصيّة ثابتة لا تزول ولا تنعدم بحسب معادلات ميكانيك الكم، فالمعلومات عن كل ما يسقط داخل الثقب الأسود يجب أن تبقى محفوظة وقابلة للقياس، وقد أدّى ذلك لجدل كبير وانقسام بين الفيزيائيين، بين مؤيد لفكرة ضياع المعلومات، ومؤيد لفكرة حفظها.

عندما يُشير الفيزيائيون إلى المعلومات فإنهم يعنون الحالة المحدّدة لكل جسيمٍ موجود في الكون، أي تحديد الكُتلة، الموضع، الدوران، درجة الحرارة، إلى آخر ما هنالك من خصائص. أي هي أشبه ما تكون بالبصمة التي تُحدّد بشكل فريد كل جسيم في الكون، يُمكنك مثلاً تمزيق كتاب إرباً أو حرقه، ولكنك نظرياً – على الأقل– تستطيع أن تُعيد الرماد إلى حالته الأولى. ويمكنك أن تصفع أحدهم أو تلكمه، ولكنك تستطيع الاعتذار منه وإعادة الأمور كما كانت. كما يمكنك تبديل الذرّات أو سحقها معاً، ولكن يجب الحفاظ على الخصائص التي تصفها. تسمح لك ميكانيكا الكم بإمكانيّة عكس الوقت نظرياً، أي إن عملية سير الكون ستكون

متماثلة إذا قمنا بتشغيله من الخلف إلى الأمام. حيث يُفترض أن يكون الكون قادرًا على تعقّب فيما إذا كانت ألياف هذه الورقة مُستخلصّة من شجرة معيّنة، أو فيما كانت تلك السيارة قادمة من المدينة الفلانية، أو ما هي الجسيمات أو مضادات الجسيمات التي تتكوّن منها مادّة ما، ومن الممكن لهذه المواد أن تُدمَّر، إلا إن المعلومات الخاصّة بها والصفات الأساسية لهذه المواد الفيزيائية يجب أن تبقى أياً كان ما تقوم به. فكّر بها على إنها مثل الطاقة، فأنتَ لا تستطيع إفناء الطاقة، إنما كل ما يمكنك فعله هو تحويلها.

إن جاذبية الثقب الأسود شديدة إلى درجة إنها تمسك بتلابيب الزمن نفسه وتجعله يتباطأ. تخيّل أن هناك ساعة تسقط نحو ثقب أسود، فتتحرك أعمق فأعمق في بئر الجاذبية. سيبدو أنها تتباطأ كلما اقترَبت من الثقب الأسود، وتتوقف أخيراً عند حافة أفق الحدث للثقب الأسود، وبالتالي يمكن للفوتونات الخارجة من الساعة أن تتمدّد، وسينزاح لون الساعة نحو الأحمر. في النهاية ستتلاشى الساعة عندما تتمدّد الفوتونات إلى أبعد مما تستطيع أعيننا رؤيته. إذا تمكّنتَ من التحديق في الثقب الأسود لمليارات

السنين فسترى كل شيء التقطه عالقاً على سطحه وكأنه صائد ذباب. يمكنك تمييز الساعة، وسفينة التايتانيك، وصديقك. من الناحية النظرية، سيكون ممكنًا تحديد الحالة الكمّية لكل جسيم أو فوتون يسافر إلى الثقب الأسود، وذلك لأنهم سيستغرقون مدة لا نهائية ليختفوا تماماً، وبالتالي، كل شيء على ما يرام، فمعلوماتهم جميعها محفوظة للأبد على سطح الثقب الأسود. وعلى الرغم من أنهم فَنَوا تماماً إلا أن المعلومات، أي معلوماتهم الكمّية الثمينة، آمنة تماماً. وإذا تمكّنتَ بطريقة ما من إدخال الثقب الأسود في جهاز فك شفرة أو حاسوب كوني عملاق، فسيُمكنك الحصول على المعلومات الكمّية التي تصف كل شيء ابتلعه الثقب الأسود، على الأقل هذا كان الحال في الأيام الخوالي.

في عام **1975**م، أطلق (**هوكينغ**) مفاجأة، حيث أدرك بأن الثقوب السوداء لها درجة حرارة، ومع مرور فترات طويلة من الزمن فإنها تتبدّد حتى لا يبقى منها شيء، مُطلِقة كُتلها وطاقاتها إلى الكون. ولكن هذه الفكرة هي ما خلق المفارقة. إن المعلومات عمّا دخل الثقب الأسود محفوظة بتباطؤ الزمان، ولكن مع تبخّر كُتلة

الثقب الأسود نفسها في النهاية ستختفي تلك الثقوب السوداء. ويبقى السؤال، أين ذهبت معلوماتنا؟ تلك المعلومات التي لا يمكن تدميرها؟ سبّبت هذه الفكرة ارتباكاً لعلماء الفلك، وظلوا يعملون على حلِّها فترة طويلة.

قدّم (**هوكينغ**) ما يعتبره الحلّ لمفارقة فقدان المعلومات، فحسب اقتراحه، فإنّ المعلومات لا تُحفظ في داخل الثقب الأسود كما يعتقد المرء، بل على العكس، توجد المعلومات على حدود الثقب الأسود، عند أفق الحدث. ويمكننا تخيّل أفق الحدث بشكل كرة تحيط بالثقب الأسود، حيث لا يمكن للجزيئات عند الوصول إليه النفاذ خارجاً. يقترح (**هوكينغ**) إن معلومات النجم المولِّد للثقب الأسود، ومعلومات الجسيمات التي تصل لأفق الحدث، تُترجم إلى هولوغرام، أي وصف ثنائيّ الأبعاد لجسم ثلاثيّ الأبعاد، وتتوضّع هذه المعلومات بشكلها الجديد على سطح أفق الحدث. وهذا ما سمّاه بـ **"الترجمة الفائقة"**.

هذه الترجمة الفائقة تتضمّن معلومات الجسيمات الداخلة إلى الثقب الأسود، وهكذا فلن يتم خسارة المعلومات. حيث يمكن

لإشعاعات (**هوكينغ**)، حسب هذا الاقتراح، أن تَحمِل بعضاً من المعلومات المُخزّنة على محيط الثقب الأسود عند إصدارها منه سامحةً للمعلومات بالخروج. وبتعبير آخر، بعد أن كانت الثقوب السوداء صلعاء، زرع لها (**هوكينغ**) شعراً ناعماً.

ولكن هذه الترجمة الفائقة لن تكون بلا ثمن، فمعلومات الأجسام الداخلة تخرج لكن بطريقة وشكل فوضويّيَن مختلفَين بشكل كلّي عن الأصل، وهكذا –نظرياً– تمّ حل مفارقة المعلومات، ولكن فعلياً، فإن خروج المعلومات بهذا الشكل يعني ضياعها، أو على الأقل ضياع شكلها.

أثار **"إشعاع هوكينغ"**، مُفارقة أخرى، أكثر إثارة ولكنها أخطر على الفيزياء. فهي تثير نفس المشكلة الكبرى التي ابتُليت بها الفيزياء والفيزياء الفلكية في القرن العشرين، وهي التضاد بين النسبية العامّة وميكانيكا الكم، خصوصاً عندما يحاول كلاهما تفسير الشيء ذاته. وكشريكين يتشاجران على حضانة طفل، يبدو إن هناك صراع ينشب بين النسبية العامّة وميكانيكا الكم كلما أثار أحدهم موضوعاً يتعلّق بأكثر الحوادث تطرّفاً في الكون، فهاتان

النظريتان لا تتفقان أبداً، ويتعنّت كل منهما برأيه عندما يصل الموضوع إلى فهم الأحداث العظيمة في الكون، وبضمنها الثقوب السوداء.

عندما شاهد علماء السفينة الفضائية **"فرناس"** إن (**رامز**) يختفي عبر أفق الحدث وتبتلعه نيران إشعاع هوكينغ، فهُم كانوا يراقبون (**رامز**) من وجهة نظر ميكانيكا الكم، فهذه الفيزياء تتطلّب أن يبقى (**رامز**) خارج الثقب الأسود مُحترقاً ومُتحولاً إلى رماد، ولا يمكنه عبور أفق الحدث، لأن عبور الأفق يُحتّم أن يخرج (**رامز**) من حدود الكون وينتهي المكان بشكل مفاجئ عند أفق الحدث، ويُفقَد (**رامز**) هو ومعلوماته إلى الأبد، وهذا ما لا تسمح به ميكانيكا الكم. فكل جزء من المعلومات التي تُفسّر وجوده يجب أن يبقى خارج الأفق، أي يجب أن يبقى في الكون.

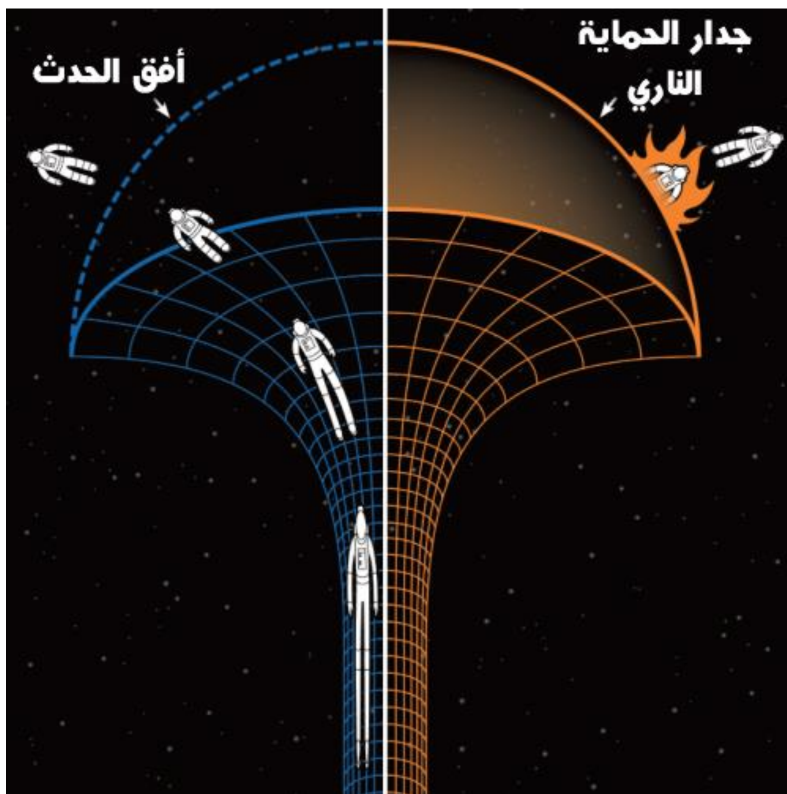
من ناحية أخرى، كان (**رامز**) يختبر وجهة نظر النسبية العامّة، والتي تنص على إن المكان يجب أن يكون مُستمرّاً تماماً، وإن داخل أفق الحدث لا يختلف عن خارجه، ولا يوجد شيء يمكنه أن يمنع (**رامز**) من اجتياز أفق الحدث نحو المتفرّدة، حيث أن (**رامز**)

يجب أن يكون قادراً على الإبحار في الأفق دون مواجهة جسيمات ساخنة أو أي شي خارج عن المألوف، وإلا فسوف ينتهك **"أسعد أفكار آينشتاين"** ونظريته في النسبيّة العامة.

لذا تتطلّب قوانين الفيزياء أن يكون (**رامز**) خارج الثقب الأسود في كومة من الرماد، وداخل الثقب الأسود على قيد الحياة وبصحّة جيّدة. وهذا يعني إن أفق الحدث للثقب الأسود يعمل كجهاز استنساخ. فعند وصول (**رامز**) إليه، فقد انسلخت نُسخة مُطابقة تماماً لـ(**رامز**) واستمرّت بالانجذاب إلى متفرّدة الثقب الأسود. أمّا (**رامز**) الأصلي نفسه فبقي مُتسمّراً عند حدود أفق الحدث! وهذا يُناقض نظرية **"عدم الاستنساخ"**، وهي عبارة عن قانون رئيسي في ميكانيكا الكم، وتنص هذه النظرية على أن خَلْق نسخة مثالية من المعلومات الكمّية أمر مستحيل.

إن وجود نسختين مُستقلتين من (**رامز**) في نفس الوقت في مكانين مختلفين، يُعتبر نتيجة غير منطقية أبداً. لذا يُلمّح هذا التناقض إلى وجوب أن تكون إحدى نظريتي النسبية العامّة أو

ميكانيكا الكم خاطئة! هذه المفارقة تُدعى **"مفارقة جدار الحماية الناري"**.



شكل 8-9: مفارقة جدار الحماية الناري.

في عام **1995**م، أدرك العالِم الأمريكي **(ليونارد ساسكيند)** بأنه لا يوجد تناقض، لأن هذا التناقض يستدعي أن يُوجد مُراقب يمكنه رؤية داخل وخارج الثقب الأسود في نفس الوقت، وهذا المراقب لا يمكن له أن يوجد، إذ يمنعه أفق الحدث من رؤية داخل

الثقب الاسود، لذا فلن يتم رؤية نسختين من (**رامز**) أبداً، فعلماء "**فرناس**" سيرَون نسخة واحدة من (**رامز**) ولا غيرها، و(**رامز**) سيرى نسخة واحدة فقط ولا غيرها، ولا يمكن لعلماء "**فرناس**" و (**رامز**) من مقارنة ملاحظاتهم أبداً، لذا فالأمور على خير ما يُرام، ولم يتم كسر أي قوانين فيزيائية، مالم يُطالِب أحد بمعرفة القصة الصحيحة، هل إن (**رامز**) ميت حقاً؟ أم على قيد الحياة حقاً؟ ولكن عندما يتعلّق الأمر بالثقوب السوداء، فلا وجود لـ "**حقاً**"، فالواقع يعتمد على من تسأل. هناك واقع علماء "**فرناس**"، وواقع (**رامز**)، وقُضي الأمر الذي فيه تستفتيان.

كانت الأمور طيبة لفترة قصيرة، حتى عام **2012**م، حينما اكتشف فريق "**أمبس**[4]" فرضية أعادت المشكلة إلى الواجهة من جديد، فقد أدركوا إن حل (**ساسكيند**) يتوقّف على حقيقة إن أفق الحدث يجعل من المستحيل على أي مراقب أن يرى النسختين في

---

[4] كلمة مختصرة للحروف الأولى من اسم العائلة للعلماء الأربعة الذين افترضوا هذه الفرضية، وهم كل من: أحمد المهيري، دونالد مارولف، جو بولشينسكي، وجيمس سولي.

نفس الوقت، ولكن، ماذا لو كانت هناك طريقة لتكتشف ما يوجد على الجانب الآخر من الأفق دون عبوره فعلياً؟

قد تقول النسبية العامّة أن هذا أمر غير مقبول، لكن ميكانيكا الكم تجعل القواعد أكثر ضبابية. فقد يسترقّ المراقب نظرة خاطفة وراء الأفق باستخدام خدعة صغيرة أطلق عليها أينشتاين **"الحركة الشبحية"**. فحسب مبدأ **"عدم اليقين"** لـ (**هايزنبيرغ**)، يمكن للجسيم ذو الطاقة السالبة الذي امتصه الثقب الأسود وحوّله إلى جسيم حقيقي أن يُفلت هو الآخر من جاذبية الثقب الأسود، كرفيقه القديم، وينبثق على شكل إشعاع هوكينغ أيضاً. بما أن مبدأ عدم اليقين يستدعي بأننا إن تنبأنا بموقع جُسيم فلا يمكن التنبؤ بسرعته، والعكس بالعكس، أي إننا يمكننا التنبؤ بموقع الجسيم ذو الطاقة السالبة، إنه داخل الثقب الأسود حتماً، وهذا يعني بأننا لا يمكن التنبؤ بسرعته، أي إن سرعته يمكن لها أن تكون أسرع من الضوء، وبالتالي فسيتمكّن من الفرار من سطوة الثقب الأسود. لو كان هذا الجسيم هو أحد جُسيمات (**رامز**)، فهذا يعني إن نسخة (**رامز**) المخفيّة خلف الأفق ستظهر للكون المرئي، وسيكون هناك

نسختان من (**رامز**) في الواقع الذي يتفق عليه كل الأطراف، نسخة من الجسيمات التي احترقت بإشعاع هوكينغ وتحوّلت إلى فوتونات، ونسخة طبق الأصل من الجسيمات التي ظهرت من داخل أفق الحدث.

ولكن في الحقيقة إن الجسيمات دون الذرية بأنواعها لا يمكن تمييزها عن بعضها، فلا يمكن تمييز فوتون عن فوتون أو إلكترون عن إلكترون. لا يوجد جسيم يحمل بطاقة هوية، لذا فلن نعرف أبداً إن كانت الجسيمات الهاربة من داخل أفق الحدث هي جُسيمات (**رامز**) أم جُسيمات كنغر أم جُسيمات كرة قدم. لذا يجب على المراقب أن يبني حاسوباً خارقاً ليتمكن من فك شفرة كل جسيمات إشعاع هوكينغ حتى يتحقق أياً من هذه الجسيمات هي نسخ متطابقة لشيء واحد! فإن كانت الجسيمات نسخ لبعضها فهذا يعني انتصار النسبية العامّة وإن ميكانيكا الكم مجرد هراء، وإن لم تتواجد أي جُسيمات منسوخة من بعضها فهذا يعني انتصار ميكانيكا الكم وإن هناك نرداً فعلاً رغم أنف (**آينشتاين**).

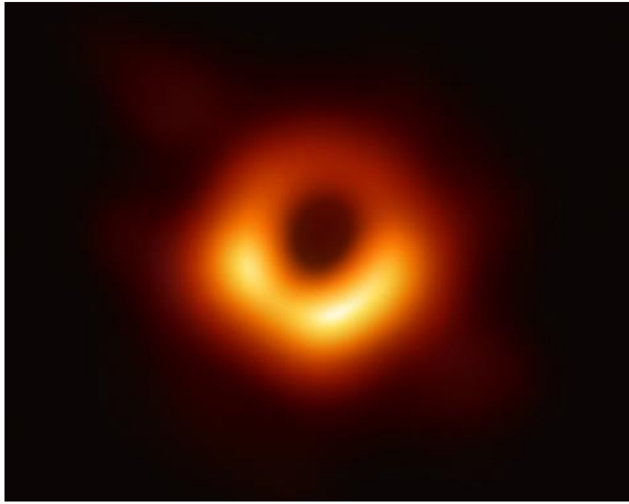
ولكن في عام **2013**م، حَسَب العلماء إنه حتّى مع وجود أسرع جهاز حاسوب في الكون، فإن فك التشفير هذا الأمر سيستغرق وقتاً طويلاً للغاية يُقاس بتريليونات تريليونات السنين، وبحلول الوقت الذي نحصل فيه على الإجابة فسيكون الثقب الأسود نفسه قد تبّخر منذ فترة طويلة واختفى من الكون، وأخذ معه (**رامز**) وأفق حدثه ومفارقاته وجنونه كله.

لذا عُدنا إلى حيث بدأنا، ماذا حدث لـ (**رامز**) عند سقوطه في الثقب الأسود؟ هل اصطدم (**رامز**) بجدار ناري قاتل واحترق وتحوّل إلى طحين رمادي؟ أم بقي على قيد الحياة وذهب في رحلة مثيرة للمتعة والخوف معاً؟

لا أحد يعرف الإجابة، وقد أصبح هذا السؤال أحد أكثر الأسئلة إثارة للجدل في الفيزياء الأساسية، وبقي الصراع بين النسبية العامة وميكانيكا الكم قائماً، ولا توجد بوادر صُلح في الأفق.

في **نيسان** من العام **2019**م، وقعت أعين الأرضيين، للمرة الأولى، على صورة حقيقية لثقب أسود، محيلةً ما كان محض خيال

وتوقّعات وحسابات نظرية إلى واقع ملموس. ترسم الصورة حلقة مُلتفّة الجوانب، تتلوّن باللون البرتقالي وتحيط بظلّ الثقب الأسود الذي يبتلع المادة على بعد **55** مليون سنة ضوئية عنا، ويقبع في مركز مجرة واقعة في برج العذراء. كانت هذه الصورة الضبابية نصراً رائعاً واكتشافاً مثيراً جداً، فبعد كل شيء، أصبح الثقب الأسود جسماً سماوياً حقيقياً بشكلٍ رسمي.



شكل 8-10: صورة حقيقية للثقب الأسود كما التقطها تلسكوب أفق الحدث (EHT).

تُمثّل الصورة أعلى دقّة يمكن الوصول لها بالوسائل التقنية المُتاحة بين أيدينا. إذ تبلغ دقة التليسكوب الذي اكتشفها **20** ميكرو ثانية قوسية، حيث أن الميكرو ثانية قوسية تُعادل حجم النقطة التي

نكتبها في نهاية الجملة إذا ما نظرنا إليها من الأرض وهي على القمر!

إن قوانين الطبيعة لها تناظر زماني، وبالتالي، فإن كانت هناك أجرام تسمى ثقوباً سوداء حيث يمكن رؤية الأشياء تهوي داخلها ولا يمكنها الخروج منها، فإنه ينبغي أن تكون هناك أجرام أخرى حيث يمكن للأشياء أن تخرج منها ولكنها لا يمكن أن تهوي لداخلها، تسمّى هذه الأجرام **"الثقوب البيضاء"**.

يُمثّل **"الثقب الأبيض"** المعاكس الزمني النظري لثقب أسود. يجذب أفق حدث الثقب الأسود المادّة، في حين يقوم أفق حدث الثقب الأبيض بقذف المادّة على الرغم من استمرار الثقب الأبيض نفسه بجذبها إليه. الفرق الرئيسي بين النوعين يكمن في طريقة تصرف أفق الحدث. سيبتلع أفق الحدث الخاص بثقب أسود كل جسيم من جسيمات المواد التي يصادفها ويشفطها إلى الداخل، في حين يبتعد أفق الحدث الخاص بالثقب الأبيض عن أي مادة ويطردها، بحيث لا يُمكن لأي شيء عبور أفق الحدث. في حالة الثقب الأبيض، ينتهي المطاف بالمادة مُتشتّتة وهائمة في الفضاء

عندما ينهار الثقب. يظهر مفهوم الثقب الأبيض كجزء من نظرية **"الثقب الدودي"** المبنيّة على نظرية النسبية العامّة. إذ يكون أحد أطراف الثقب الدودي عبارة عن ثقب أسود يسحب المادة نحوه، في حين يُوجد ثقب أبيض عند النهاية الأخرى، ويُصدر هذا الأخير المادة دوماً. الثقوب الدودية غير مُستقرّة، وتنهار حالاً عند تشكلها. وأيضاً، تظهر الثقوب الدودية كحلٍّ لمعادلات النسبية العامّة في حالة الفراغ فقط، أي عندما لا يوجد أي مادة لتتفاعل مع الثقب. تتشكّل الثقوب السوداء الحقيقية جراء انهيار النجوم، لكنّ الثقوب البيضاء تتحرّك بعيداً عن المادة ولذلك لا يمكن أن تُوجد في حالة اتصال مع ثقوب سوداء لأن وجود المادة سيتسبب في انهيارها.



شكل 8-11: نظرية الثقب الدودي.

إن الثقوب البيضاء هي مفاهيم رياضية نظرية بالكامل. ليست أشياء موجودة بالفعل، وإحدى النتائج التي تنبأت بها رياضيات الثقوب البيضاء هي توجد طالما لا توجد أي كمية من المادة داخل أفق الحدث. وفي حال دخلت ذرّة هيدروجين إلى المنطقة، فسينهار كل شيء. هذا يخبرنا أنه حتى لو وُجدت الثقوب البيضاء في بداية الكون، فإنها قد انهارت منذ زمن طويل، لأن كوننا مليء بالمادة الشاردة.

ومع ذلك، هناك عدد قليل من الفيزيائيين الذين يعتقدون إن الثقوب البيضاء قد تكون أكثر من مجرد افتراضات. فمن الناحية النظرية، سيُضغط الثقب الأسود إلى أصغر حجم ممكن أن تتنبأ به الفيزياء، فرغم جبروت الجاذبية إلا إن لتحمّل المادّة حدّاً أقصى، تصل فيه المادة إلى نقطة لا يمكن لها أن تنضغط أكثر، فسيستمر الثقب الأسود بالانكماش لِما بعد حدود المتفرّدة، ثم سيرتدّ كثقب أبيض. لكن بسبب تباطؤ الزمن الشديد حول الثقب الأسود، فإن هذا سيستغرق مليارات السنين.



شكل 8-12: صورة تخيّلية للثقب الأبيض.

في عام **2006م**، تم رصد انبعاث انفجاري لأشعة **"غاما"** بقي لمدّة **102** ثانية، وهي مدّة زمنية طويلة نسبياً، أطول حتى من زمن انفجارات الـ **"سوبر نوفا"**، في الوقت الذي لم يتواجد فيه أي انفجارات نجمية في ذلك المكان. يُقترح الآن إن هذا الحدث هو بالفعل قد يكون **"ثقباً أبيضاً"** ظهر للوجود نافثاً بعض المادة، ثم انهار على نفسه بانفجار ضخم. رغم إن هذا التفسير ليس الأكثر قابلية للحدوث، لكنه دفع علماء الفلك للتفكير مرة أخرى في المستحيل، فقد يكون ما نتصوره مستحيلاً عملياً لا يحتاج منا إلا إلى البحث بدقّة. فمن يدري، فكما تطوّر مفهوم الثقب الأسود من

تخمين مجنون إلى التقاط صورة حقيقية لهذا الجنون، فربما بعد سنوات ستتمكّن من اصطياد ثقب أبيض حقيقي.

هناك احتمال آخر يدعم وجود الثقوب البيضاء، هو وجود ثقوب سوداء مجهرية وُلدت بعد الانفجار الكبير، إذ إن مثل هذه الثقوب ستتدهور وتتفجّر متحوّلة لثقوب بيضاء في أي وقت. إلا أنه وفقاً لـ(**ستيفن هوكينغ**)، فإن مثل هذه الثقوب المجهرية قد تكون تبخّرت بالفعل.

قد يكون إثبات وجود الثقوب البيضاء حلاً ساحراً لكل المفارقات والمشاكل التي ترافق الثقب الأسود، فوجودها كفتحة تصريف لما يهضمه الثقب الأسود يعني إن المعلومات لم تُفقَد، ولا يوجد خِصام بين النسبية العامّة وميكانيكا الكم، وستُلغي أيضاً الحاجة لوجود **"جدار حماية ناري"** يحرس حدود الثقب الأسود، كما إنها يُمكن لها أن تُفسّر كيفية انبثاق كوننا نفسه، فهناك فكرة مثيرة للاهتمام طرحها الفيزيائيون مؤخّراً، فكما تصوّر (**هوكينغ**) بأن كوننا عبارة عن **"ثقب أسود كبير"**، فربما يكون الانفجار العظيم نفسه هو عبارة عن ثقب أبيض كان في نهاية المسلك الدودي الذي

يرتبط طرفه الآخر بكون قديم، وقد انفجر هذا الثقب الأبيض ليطلق كوننا وكل المادة التي يحتويها إلى الوجود!

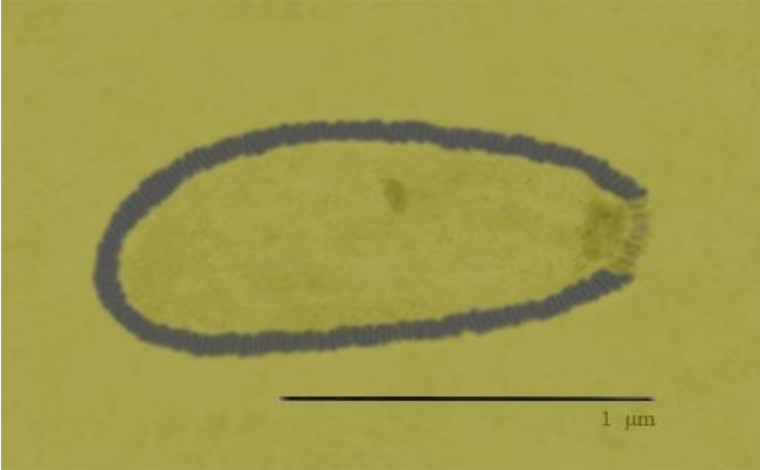
ربما يكون كوننا هو عبارة عن حلقة في سلسلة لا نهائية من ولادات وموت الأكوان، وربما نحن نعيش في داخل ثقب أسود، أو إن كوننا مجرّد تصوير هولوغرامي ثلاثي الأبعاد على سطح ثقب أسود كوني متعدد الأبعاد، وربما يكون كوننا مُجرّد فقاعة في بحر متلاطم لا نهائي من الأكوان الفقاعية الأخرى. كل شيء ممكن في نطاق تفكير البشر الذين لن يهدأ لهم بال حتى يعرفوا حقيقة الوجود، فنحن لدينا نظريتان عظيمتان تعملان بكل كفاءة بصورة مفردة، ولكنهما لا يتعاونان مع بعضهما، وينشب بينهما خلاف يستدعي بأن يتّهم أحدهما الآخر بأنه خاطئ، ربما يوجد هناك شيء يجعلهما يتفقّان ويندمجان كنظرية واحدة شاملة لكل شيء، وكما تفعل الموسيقى فعلها في تهدئة الأعصاب، فقد تجعلهما الموسيقى يُرخيان أعصابهما، ويبتسمان أحدهما للآخر، وقد يتعانقان بحب، ولكنها ليست أي موسيقى، إنها الموسيقى السماوية.

من الأصغر إلى الأكبر

- **أصغر شيء في العالم** هو **"طول بلانك"**، أصغر وحدة مسافة يُمكن الوصول إليها، وهو المسافة التي يقطعها الضوء خلال زمن بلانك وتعادل $\mathbf{1.6 \times 10^{-35}}$ متر!
- **أصغر جسيم في الكون** هو **"النيوترينو"**، قطره **1** يوكتومتر. هذا الجسيم يعتبر أصعب جسيم يمكن إمساكه لأنه لا يتأثر بالجاذبية ولا يتفاعل مع المادة ويمر من خلالها وكأنها عدم، وفي الحقيقة فإن **65** مليون نيوترينو يمر من خلال اظفر إصبعك في كل ثانية!
- **أصغر ذرّة** هي **"ذرّة الهيليوم"**، يبلغ قطرها **25** بيكومتر، وقد يكون الأمر غريباً فقد تتصور إن أصغر ذرّة يجب أن تكون ذرّة الهيدروجين التي تحتوي على بروتون واحد وإلكترون واحد، بينما ذرّة الهيليوم تحتوي على بروتونين ونيوترونين وإلكترونين، ومع ذلك فالهيليوم أصغر في الحجم لأن وجود عدد أكثر من البروتونات في النواة فهذا يعني إن الإلكترونات يتم

شدّها إلى الداخل بقوة أكبر ولذلك تتقلص مساحة مدار الإلكترونات وهذا يعني حجم ذرة أصغر.

- **أكبر فيروس في العالم** هو **"فيروس بيثو"** *Pithovirus sibericum*، ويبلغ قطره **1.5** مايكرومتر. هذا الفيروس كبير جداً بحيث يمكن رؤيته تحت المجهر الضوئي العادي. تم اكتشاف هذا الفيروس عام **2014**م في طبقة أرضية مجمّدة على عمق **30** متر في (**سيبيريا**) ويبلغ من العمر **30** ألف سنة.



هذا الفيروس يُصيب (**الأميبا**) وهو أكبر فيروس مُكتشف لغاية الآن. حجم هذا الفيروس غريب وصادم لدرجة إن هناك دراسات تقترح تصنيفه كنوع مستقل من الكائنات بسبب تصرفاته عندما يغزو الخلية، وطريقة تكاثره وتغذيته التي تشبه

إلى حد كبير طريقة تكاثر الخلايا. ومن شدة غرابة هذا الفيروس إنه يمكن أن يُصاب بفيروس هو نفسه!

على الرغم من أن الفيروس غير مؤذي للبشر. لكن قدرته على البقاء لأكثر من **30** ألف عام أثارت مخاوف العلماء إلى كون تغير المناخ العالمي وعمليات الحفر المستمر قد تؤدي إلى اكتشاف فيروسات تكون خطيرة على البشر.

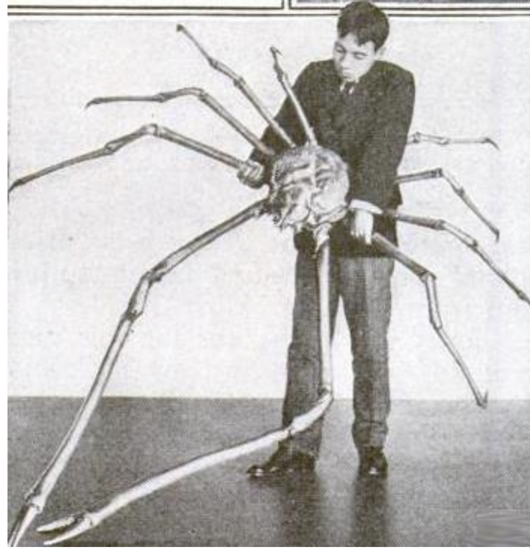
- **أكبر بكتريا في العالم** هي بكتريا **"لؤلؤة الكبريت الرائعة"**، هذه البكتريا كبيرة لدرجة إنها يُمكن أن تُرى بالعين المجردة ويمكن إمساكها بملقط الحاجبَين. يصل طول هذه البكتريا إلى **سنتمترين** وتبدو وكأنها "رمش". تم العثور على هذه البكتريا في مستنقع غابات المانغروف في منطقة البحر الكاريبي وتتغذى على الكبريت.



- **أكبر زهرة في العالم** هي **"زهرة رافيليسا"**، ويبلغ قطرها **1** متر، وهي نوع من النباتات الطفيلية التي يكون موطنها الأصلي في جنوب شرق آسيا. هذا النبات لا يُوجد فيه ساق ولا أوراق ولا جذور، إنها مُجرّد زهرة فيها **5** بتلات. وزن هذه الزهرة يمكن أن يصل لـ **10** كيلوغرامات، ولها رائحة تشبه رائحة اللحم المتعفّن لكي تجذب الحشرات وتفترسها.



- **أكبر مِفصلي في العالم** هو **"سلطعون العنكبوت الياباني"**، ويبلغ قطره **3** أمتار! وهو نوع من السلطعونات البحرية التي تعيش في المياه الإقليمية اليابانية. يُعتبر هذا الحيوان المفصلي من أكثر الحيوانات المُهددّة بالانقراض بسبب الصيد الجائر.



- **أصغر قمر في المجموعة الشمسية** هو القمر **"كرويثن"**، والذي يُعتبر القمر الثاني للأرض! تم اكتشاف هذا القمر عام **1986**م، ويبلغ قطره **5** كيلومتر، وهو لا يدور حول الأرض بل يدور حول الشمس في مدار يبلغ أدنى نقطة له داخل مدار **"عُطارد"** وأقصى نقطة فيه خارج مدار **"المريخ"**، ويعترض مداره أحياناً مدار الأرض حول الشمس. يدور **"كرويثن"** حول الشمس بدورة تستغرق **سنة واحدة.**
- **أكبر قمر في المجموعة الشمسية** هو القمر **"غانيميد"** الذي يدور حول كوكب **"المُشتري"**، يبلغ قطره **5300** كيلومتر، ويفوق بحجمه حجم كوكب **"عُطارد"!** هذا القمر يدور حول

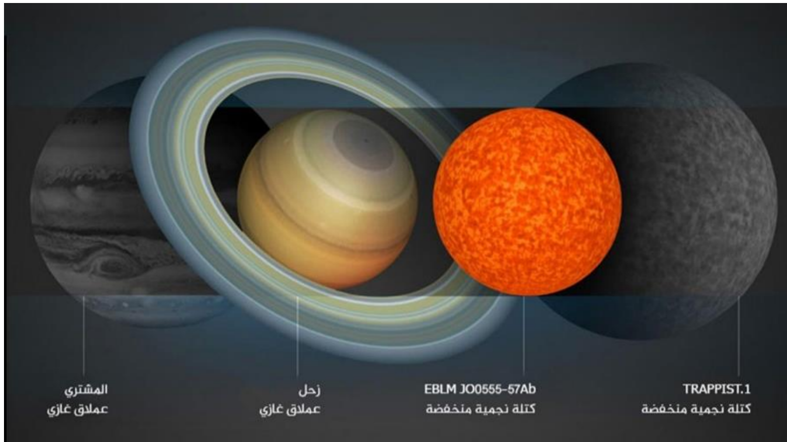
كوكب **"المُشتري"** خلال **7** أيام فقط. اكتشفه العالِم الإيطالي (**غاليليو غاليلي**) عام **1610**م وتمّت تسميته **"مُشتري المُشتري"**، ولكن بعد ذلك تمّت تسميته **"غانيميد"**، وهو ساقي خمر الإله (**زيوس**) اليوناني!



- **أكبر كوكب في الكون** تم اكتشافه لغاية الآن هو الكوكب المُسمّى **"HD 100546 b"**، والذي يبلغ قطره **11** مليون كيلومتر. هذا العملاق الفائق الغازي يقع على بُعد **337** سنة ضوئية من كوكب الأرض. حجم هذا الكوكب يعادل تقريباً

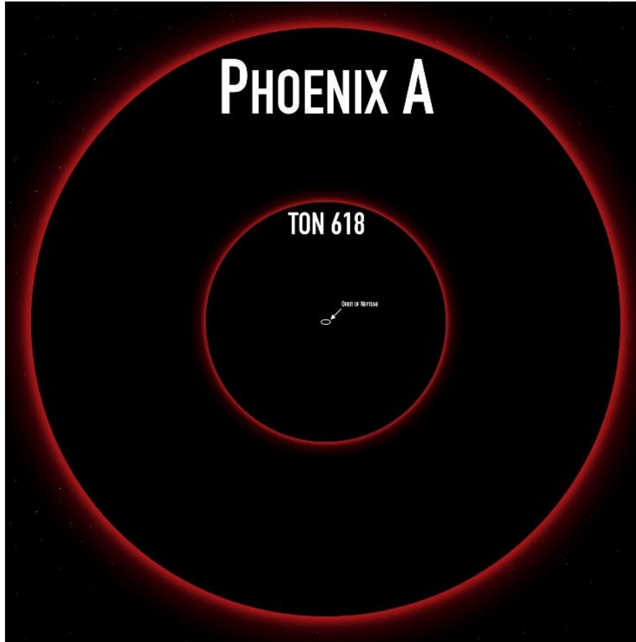
80 مرة ضعف حجم كوكب **"المُشتري"**. هذا الكوكب من الضخامة بحيث إن العلماء يُجرون المناقشات حالياً حول تغيير رتبته من كوكب إلى نجم قزم!

- **أصغر نجم في الكون** تم اكتشافه لغاية الآن هو القزم البُنّي المُسمّى **"EBLM J0555-57Ab"**، والذي يبلغ قطره **120** ألف كيلومتر. تم اكتشاف هذا النجم عام 2017م من قبل مجموعة من العلماء في جامعة **(كامبردج)** البريطانية. هذا النجم يبعُد عنا بمسافة **600** سنة ضوئية، وهو واحد من ثلاث نجوم تدور حول بعضها بنظام نجمي ثلاثي. حجم هذا النجم يساوي تقريباً حجم كوكب **"زُحل"**، ولكن كُتلته أكبر من كتلة **"المُشتري"** ب **85** مرة.

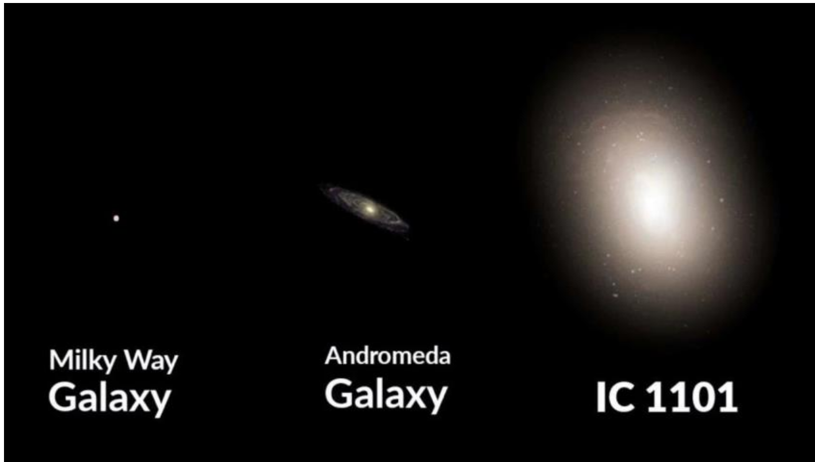


- **أكبر نجم في الكون** تم اكتشافه لغاية الآن هو نجم **"ستيفنسون 2-18"**، والذي يبلغ قطره **3** مليار كيلومتر. هذا النجم هو عملاق فائق أحمر موجود في **"كوكبة الترس"** على بعد **20** ألف سنة ضوئية من كوكب الأرض. يُقدّر حجمه بـ **2158** مرة ضعف حجم الشمس، ويبلغ من الضخامة بحيث إذا وضعناه مكان الشمس فسيتجاوز حجمه مدار كوكب **"زُحل"!**
- **أصغر مجرّة في الكون** تم اكتشافها لغاية الآن هي مجرّة **"سيجي2"** والتي يبلغ قطرها **220** سنة ضوئية. تم اكتشاف هذه المجرّة عام **2009**م، وهي مجرّة كُروية قَزَمة موجودة في كوكبة (**بُرج الحَمَل**) وتبعد عنا مسافة **110** ألف سنة ضوئية. عدد النجوم في هذه المجرّة تقريباً **1000** نجم، وعمرها يقارب **12** مليار عام، لذلك هي تُعتبر أيضاً من أقدم المجرات في الكون!
- **أكبر ثقب أسود في الكون** تم اكتشافه لغاية الآن. سابقاً كان هذا اللقب يحمله الوحش المُخيف المُسمّى **"تونانتازينتلا 618"** أو اختصاراً **TON 618**، والذي تبلغ كُتلته **66** مليار شمس، أمّا الآن، فحامل اللقب هو الثقب الأسود الجبّار **"العنقاء أ"** أو **Phoenix A**. يقع هذا الثقب الهائل في مركز مجموعة

مجرات (**العنقاء**)، ويبعد عنّا مسافة **5.7** مليار سنة ضوئية. تُقدّر كتلة هذا الثقب الأسود بحوالي **100** مليار شمس. ولو تم وضع المجموعة الشمسية بأكملها التي يبلغ قطرها سنتان ضوئيتان بجانب هذا الثقب الأسود، فسيكون حجمها كحجم الأرض بالنسبة للشمس! قرص الغاز المحيط بهذا الثقب شديد السخونة لدرجة إنه يشع بسطوع أكثر من سطوع ضوء الشمس بـ **140** تريليون مرة! ومن شدة سطوع حلقة الغاز هذه فضوءها يُغطّي على كامل المجرّة التي يقع بقلبها هذا الوحش الجبار. هذا الثقب الأسود وجوده بحد ذاته يخرق المنطق!

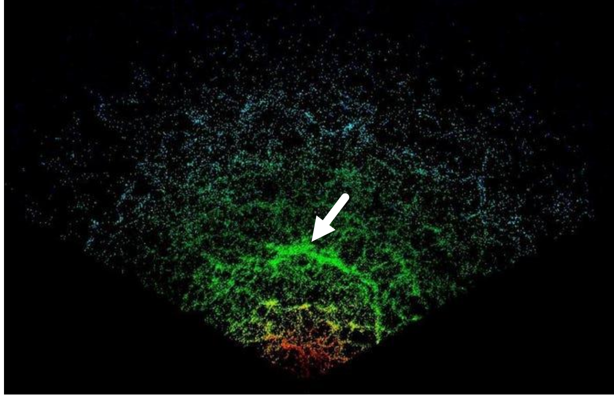


- **أكبر مجرّة في الكون** تم اكتشافها لغاية الآن هي مجرة **" IC 1101"**، وهي مجرّة بيضوية عملاقة يبلغ قطرها **6** مليون سنة ضوئية، وتقع على بعد مليار سنة ضوئية من الأرض. اكتشف هذه المجرة العالِم الشهير (**وليام هيرشل**) عام **1970**م. تحتوي هذه المجرة على **100** تريليون نجم، بالمقارنة مع مجرة (**درب التبانة**) التي يبلغ قطرها **185** ألف سنة ضوئية وعدد نجومها حوالي **300** مليار نجم.



- **أكبر جسم في الكون** تم اكتشافه لغاية الآن هو **"سور سلون العظيم"**، والذي يبلغ اتساعه **1.3** مليار سنة ضوئية وتم اكتشافه سنة **2003**م، وهو عبارة عن تجمّع لأكثر من **10** آلاف

مجرة. يبعّد عنا هذا التجمّع مسافة **مليار** سنة ضوئية، وإذا تم اعتبار الكون نسيجاً، فهذا هو أكبر الخيوط التي تُشكّل هذا النسيج!



- **الكون**، أكبر شي، وكُل شيء، الجامع لكل ما سبق، والحاوي على كل ما نعرفه ونراه ونُفكّر به، يبلغ عمره **13.7** مليار عام، ويبلغ قطره **93** مليار سنة ضوئية، وهذا ما نعرفه لغاية الآن فقط، أو ما نسميه بـ **"الكون المنظور"**، فقد يكون اتساعه لا نهائي، أو قد يكون مُجرّد فقاعة ضمن ملايين ومليارات الفقاقيع التي تسبح في بحر لا نهائي. إنه كوننا، الذي خُلق لأجلنا، وخُلقنا لأجله. إنه عالمنا الأكبر والأوحد.

انتهى

مراجع

1. Greene, B. (1999). *The elegant universe: Superstrings, hidden dimensions, and the quest for the ultimate theory*. WW Norton & Company.
2. Hawking, S. (1994). *Black Holes and Baby Universes and Other Essays*. Random House.
3. Hawking, S. (2001). *The universe in a nutshell*. Bantam.
4. Hawking, S. (2009). *A Brief History Of Time: From Big Bang To Black Holes*. Transworld.
5. Tyson, N.d., D. G. (2004). *Origins: Fourteen billion years of cosmic evolution*. WW Norton & Company.
6. Stephen Hawking, L. M. (2010). *A Briefer History of Time*. Transworld.
7. Stephen Hawking, L. M. (2010). *The Grand Design*. Transworld.
8. Tyson, N. d. (2007). *Death by black hole: And other cosmic quandaries*. WW Norton & Company.

العالم الأكبر

رحلة من الذرّة الى المجرّة



المؤلف

استاذ جامعي في كلية الهندسة من العراق ويسكن في محافظة ميسان، حاصل على شهادة الماجستير في هندسة الإلكترونيك والاتصالات، باحث ومختص في مجال الذكاء الاصطناعي وعلم الروبوتات. لديه اهتمام كبير بعلوم الفضاء والفيزياء والفيزياء الفلكية وله العديد من المقالات والمنشورات في هذا الصدد.

تلك الرحلة التي نحلم بها جميعاً ...
هذا الكتاب سيجعلك ترى الكون من خارج الكون، وتنسلخ من الزمن لتشاهد كيف يسير الزمن، وسترى السنوات تمر من أمام عينيك مرور السهم بدون أن تشيخ. ستكون أسرع من الضوء، وأكبر من من الكون، وسيجعلك تشاهد عالمك من منظور سماوي، وفي نفس الوقت، وكما في أليس في بلاد العجائب، فسيصغر حجمك أصغر وأصغر، لتسبح في فضاء العالم دون الذري، وترقص السامبا مع الإلكترونات داخل الذرة. هذا الكتاب مبني على نظريات علمية وأفكار تجمع بين الحقيقة المطلقة والجنون المطبق في بوتقة واحدة لتبرز نظريات وتجارب واقعية تحاول تفسير غرائب وأسرار الكون الدفينة. هذه الأفكار هي محاولة للتعبير عن الكون برمّته من أقصاه الى أقصاه بجملة واحدة. هذا الكتاب سيستنهض اقصى درجات خيالك، وسيجعلك تفكر مراراً بسر وغاية وسبب وجودك ووجود كل شيء حولك. سيجعلك تحلق في عالمين، العالم الأصغر ... والعالم الأكبر!







قراطيس للطباعة والنشر والتوزيع
العراق - النجف الأشرف
009647802787115

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق في بغداد (٣٩٦٣) لسنة ٢٠٢٢
الرقم المعياري الدولي ISBN: 978-9922-675-89-3